不可思议的旅程

A MOST IMPROBABLE JOURNEY

我们的星球与我们自己的大历史

A Big History of Our Planet and Ourselves

WALTER ALVAREZ

[美]沃尔特·阿尔瓦雷茨——著 栾奇——译

中信出版集团

版权信息

书名：不可思议的旅程：我们的星球与我们自己的大历史

作者：（美）沃尔特·阿尔瓦雷茨

译者：栾奇

ISBN:9787521723328

中信出版集团

谨以此书纪念杰克·雷普切克（Jack Repcheck）——

一位挚友，

一位作者所能企盼的杰出的出版人，

一位优秀的作家，

一位历史学家，

一位音乐家，

一位品德高尚、生活体面的人。

这也是杰克的书，尽管他不幸未能看到此书付梓。

愿灵魂安息。

序幕

引言

想一想我们所处的人类境况——太阳系和我们这个星球，大陆、海洋及陆地上的自然景观，动物和植物，国家、政府和商业，所有的语言、文化和信仰，我们人类特有的城市和乡镇，我们的家人及我们认识的所有人。这一切都是如何发生的呢？要想了解人类境况，我们就必须思考产生它的历史。

然而，对于我们这些从事历史研究的学者以及对历史着迷的人来说，我们所读的大部分书籍都是相当专业的，它们的主题都受到特定的时间和空间的限制。我们可以找到有关法国大革命的书，有关美国内战的书，有关中国明朝的书，或者有关西班牙发现拉丁美洲并在那里建立殖民地的书。从这些聚焦一个主题进行探讨和研究的书中，我们学到了很多专业知识，但是，我们很难看出它们涉及的这些内容之间有什么关联，以及所有这一切历史都是如何相互交融在一起的。当然，也有一些书是将整个世界历史作为一个大的主题来论述，这类书的确缓解了以学科专业为主题的书所具有的局限性，将人类历史置于全球范围内加以阐释。

但是，对于像我这样的历史科学家——地质学家——或者古生物学家、天文学家、考古学家来说，即便是阅读一本关于世界历史的书，也会感觉到在时间和空间上受到了严格的限制！现在，科学家们正在为发现一段浩瀚的历史而兴致勃勃，这段历史从时间上可以追溯到数十亿年前的过去，同时为我们拓展了可认知的宇宙范围。我们生活在浩瀚宇宙中的一个角落。我们人类的历史只是过去历史的一部分，尽管它确实是一段丰富多彩、瑰丽迷人的历史。

表面上看，囊括所有事物的更为广泛的历史对于那些专注于人类历史的人来说似乎无关紧要，然而，事实并非如此。我们所处的人类境况是一段跨越了浩瀚时空展开的历史的结果，人类历史上发生的几乎所有

事情都受到过去的强烈影响，都与过去各个阶段发生的事件息息相关。

现在，我们这些更关注将全部历史作为一个整体来研究和探讨的人，把这种全景式的观点称为“大历史”（Big History）。我一直认为，大历史结合了四个范畴——宇宙（Cosmos）、地球（Earth）、生命（Life）和人类（Humanity）。这四个范畴中的每一个都充满了迷人的故事，可以帮助我们理解什么是人类，为什么是我们人类——而不是其他一些生物——生活在这个特定的世界里，为什么我们没有生活在其他地方。

从对大历史的研究中，我获得了惊人的领悟，那就是，我们的世界其实具有极大的不可能性。在历史的无数个节点上，每一次事件都可能会导致完全不同的结果——导致一个与我们今天所知道的完全不同的人类境况，或者一个完全没有人类的世界。我们的历史是一段不可思议的旅程，而这将是本书贯穿始终的主题。

大历史的前三个范畴属于自然科学的研究领域，而不属于人文科学的研究领域，因此，对有些人来说，这三个范畴可能并不那么熟悉。我撰写这本书的目的是让所有的史前史都变得易于被人接受和理解，无论读者的知识背景属于人文科学还是自然科学。尽管各章之间有连贯性，但是我们依然可以根据自己的兴趣决定阅读顺序。如果《不可思议的旅程》这本书使我们对“什么是历史”有了更为广阔的视野，对人类境况有了一个新的认识，对一系列引人入胜的历史故事感到兴趣盎然，并能够提出许多新的问题，那么，它就成功了。

欢迎来到大历史的世界！

第一章　大历史、地球和人类境况

远征墨西哥

在墨西哥的东部低地，这一天是1991年2月的一个星期二，跟往常一样，看不出有什么特别。的确，一开始，我们并没有意识到，这会是一个令人难忘的日子。我们把两辆吉普车发动起来，发动机的隆隆声唤醒了这一天；然而，它们出了故障，甚至修理其中一辆都要费一番周折。这段日子里，我们有一大堆的麻烦事儿；直到这一天，我们连一件也没有搞定。已是午后时分，我们才做好出行的准备工作，可以离开维多利亚城，到考古现场去。这段日子里，简、桑德罗和我，还有一位博士后——尼古拉，我们一直在努力寻找形成奇克苏鲁布陨石坑（Chicxulub Crater）时被喷出来的碎片。奇克苏鲁布陨石坑是最近才被发现的，在几百英里[注]以外的尤卡坦半岛上。我们始终相信，这个陨石坑是由一个来自太空的巨大物体——可能是小行星，也可能是彗星——撞击地球表面形成的。我们在墨西哥东北部已经整整搜寻了三天，连一块喷出物都没有找到。这一天是我们这次搜寻工作的最后一天，看来等待我们的依然会是挫折。

大约12年前，我和年轻的荷兰地质学家简·斯密特（Jan Smit）分别独立地发现了白垩纪和第三纪沉积岩的黏土层中存在意想不到的高浓度铱元素。[注]其实，我们一直在努力寻找造成生命大灭绝的原因——大灭绝发生在6600万年前的白垩纪晚期，只是我们之间尚未沟通。那场大灭绝最终宣告了恐龙的灭亡。铱在地球表面的岩石中极其罕见，但在彗星和小行星上则要丰富得多。因此，我们在进行研究的过程中都提出了这样的观点：地表的铱元素一定是来自地外。针对这一观点我们进行了认真的讨论，并进一步提出，地球在6600万年前那个灾难性的一天，遭受了一颗巨大的彗星或小行星的撞击。[注]

有十年左右的时间，学界就撞击假说是否正确，进行了激烈的科学争论。在这场旷日持久的科学争论中，我和简也因此成为亲密的同事和朋友。尽管越来越多的证据支持6600万年前发生过大撞击这一假说，但

假如发生过大撞击，那么一定会形成撞击坑，而持怀疑态度的人要求支持假说的人说清楚这个撞击坑在哪里。也就是说，如果我们想要证明撞击假说是正确的，那我们就必须确认，在地球上的某个地方一定有一个撞击坑。然而，直到那个时候，还没有人找到撞击坑。

在我们搜集到的线索中，有一条特别引人注目。有一位年轻的意大利地质学家，叫桑德罗·蒙塔纳里（Sandro Montanari），和我一起做博士学位研究，他在意大利用来标记白垩纪-第三纪界线的沉积层中发现了微小的球形物体——他把它们称作球粒。简在西班牙也发现了这类微小的球形物体。正因为如此，我们合作发表了一篇论文。这篇论文从此撑起了我们共同的研究工作。这些球粒是岩石因大撞击过程中产生的巨大热量而熔化后形成的滴石（droplets of rock），从撞击坑中被喷出，离开地球的大气层，以弹道自由落体运动飞行很长距离，最后重新冲破大气层，坠落到地球上。(注)这些已被发现的球粒为发生过大撞击事件提供了非常有说服力的证据。尽管如此，对于撞击坑位于何处，我们依然无法给出答案。

现在，我们终于知道了有这样一个撞击坑，这让我们对寻找大撞击的位置有了一定的目标；所以，我们来到墨西哥，要通过勘探寻找到撞击坑。

密汨布拉尔探秘

在6600万年前发生的大灭绝中，大约有一半曾经生活在地球上的动植物灭绝了，地质学家们习惯于用这次大灭绝来标记白垩纪-第三纪界线——六次间断生命历史的大灭绝事件中离我们最近的一次。我与简、桑德罗以及其他一些研究白垩纪-第三纪界线的地质学家一致认为，一次巨大的撞击事件导致了大灭绝，而大多数地质学家和古生物学家却并不赞同这一观点。他们认为，我们的观点完全违背了他们业已接受的关于“均变说”的传统教育。

什么是“均变说”传统教育？在19世纪30年代，查尔斯·莱尔（Charles Lyell）——英国一位早期地质学家——曾极有说服力地辩称，地球过去发生的所有变化都是缓慢而渐进的。这个理论就叫作“均变说”，到了20世纪，这一理论得到了世界各地地质学家们的广泛重视

和维护。对于持“均变说”这一观点的地质学家们来说，我们提出的新观点是一种直接的威胁。尼古拉·斯温伯恩（Nicola Swinburne）是一位博士后研究人员，曾经在英国攻读博士学位。她告诉我们，那里的地质学家尤其不能容忍来自任何方面的对“均变说”的威胁，他们对此特别敏感。在2月那个令人难忘的一天，尼古拉也和我们在一起工作。尽管我们正在发现惊人的证据，但她仍然对撞击假说持怀疑态度。

在距维多利亚城南部大约50英里的地方，我们从高速公路上左转，找到了一条崎岖不平的碎石路，这条碎石路通向密汨布拉尔旱谷（Arroyo el Mimbral）——一条几乎干涸的河谷。它是我们的最终目标。几个月之前，我在加州大学伯克利分校的图书馆里，找到了一本1936年出版的关于这个地区地质情况的著作，书中讲到了一个沿着密汨布拉尔旱谷裸露出来的奇怪的沙床。㊟沙床出现在白垩纪晚期和第三纪早期墨西哥湾海床上的深水黏土之中，随后被抬高并裸露于地表。这个沙床会不会就是从奇克苏鲁布陨石坑中喷射出来的？我们当然希望如此！

假如我们就在白垩纪-第三纪界线发现一层沙床，正好是大撞击的喷出物，这将为我们提供一个十分令人信服的证据，表明这附近被深深地埋在地下的奇克苏鲁布陨石坑与大灭绝的确发生在同一时期；并且，这应该就是我们花费了十几年时间一直在寻找的陨石坑。事实如果与我们的期待相吻合，那么所有这些都将为撞击假说提供强有力的证据。

在尤卡坦半岛的地表，人们可能看不到不同寻常的地方，但是，墨西哥石油地质学家们通过探测重力的细微变化，发现了埋在地下的陨石坑。对此，墨西哥地质学家安东尼奥·卡马戈-扎诺古拉和他的美国同事格伦·彭菲尔德在1981年已经给出了确凿的证据，证明这些变化是由一个巨大的陨石撞击坑造成的。这个坑直径为110英里，被埋在厚度大约为1英里、生成年代较晚的沉积层下面。然而，两位地质学家所属的公司——墨西哥国家石油公司——不允许他们公开发表他们的发现。最后，在1991年，一位加拿大研究生艾伦·希尔德布兰德（Alan Hildebrand）获悉了这个发现结果，与他们取得联系。经过他们的共同努力，墨西哥国家石油公司终于允许他们公开发表对奇克苏鲁布撞击的解释。㊟

他们公开发表的论文是一枚重磅炸弹！地球上已知的最大的陨石撞击坑——除了两个非常古老的陨石撞击坑之外——的产生时间至少与发

生大灭绝的时间大致相同。那么，陨石撞击坑和大灭绝是否完全发生在同一时期？它是不是我们寻找了十几年的陨石坑？这些问题一直萦绕在我们的头脑里。太阳开始落山的时候，我们正沿着密汨布拉尔旱谷，在崎岖不平的山路上颠簸着。一路上，我们都心事重重，希望在大灭绝涉及的范围内正好找到大撞击发生时的冲击喷出物。可是现在，一切都是那么不确定。我们无法想象，接下来会是什么样的结果在等待我们。

密汨布拉尔的发现

并不是每一位地质学家都知道如何找到白垩纪-第三纪界线，但是，简知道。他用一个小型的手持放大镜，便可以识别出极小的微体化石，并甄别出沉积物的年代。我们在勘探过程中，时不时地会发现一小块裸露在黏土中的岩石。遇到这样的岩石，我们就会停下来。简拿出他的手持放大镜，仔细观察岩石，然后告诉我们："我们正在向下层方向走，已经穿过最下层的第三纪，越来越接近界线了。"黏土层在远离塔毛利帕斯山脉的地方平缓地向西倾斜或下沉，所以，我们还得继续向前走。我们走了很长的路，沿着黏土层，从上一层向下一层走，尽可能达到黏土层的更低层面。走着走着，展现在我们眼前的地貌发生了变化，我们几乎看不到山头，也几乎看不到露头，一眼望去，到处是软黏土，相信每一位读者都想象得到，这些软黏土形成的地貌景观是什么样子，而我们也越来越气馁了。

就在我们越来越没有信心的时候，看到了心里所期待的。干涸的河床形成旱谷，在旱谷的另一面，是一处陡峭的悬崖，形成壮观的露头。密密麻麻的灌木丛挡住了我们前行的路，尽管如此，我们必须继续前行，大概还要走四分之一英里的路，穿过旱谷；我们几乎是沿着河底迂回，到达那处陡峭的悬崖的。作为一名地质学家，可以说，这是我50年来所见到的最为神奇的露头。

我们一下子就能看出来，这里曾经发生过激烈的地质事件。在悬崖的底部，简发现了接近白垩纪晚期的微体化石。在悬崖的顶部，有属于最古老的第三纪的微体化石。而在二者之间的悬崖中部，则有大量的沙层，这些沙层就是我曾经提到过的1936年出版的那本书里介绍的沙床。如果它们是从奇克苏鲁布陨石坑中喷射出来的，那么形成陨石坑的年代就是精确的了！

沙子是大自然中最常见的沉积物之一——地质学家们总能看到它——但是，这里的沙子却与常见的沙子不一样，好像是我们从未见过的。我们分散开，分别爬到悬崖的不同位置，试图在渐暗的光线下仔细观察每一个细微之处，尽量不漏掉任何可能有用的东西，并大声喊出我们找到了什么。

细粒黏土附着在沙床的上方和下方，只能沉积在墨西哥湾深处静止的水里。我们知道，在如此深的水里，不会有波动或强大的水流。也就是说，深水处的水应该始终处于平稳状态，或者说静止状态。但是，那里的沙子表面却布满了小层面，这些小层面朝不同的方向倾斜，地质学家称这些倾斜层为“跨层”。这些跨层的存在表明，在极深的水域里有快速的水流运动。在接近沙层底部有大块的底层黏土，这些底层黏土已经碎裂，并被湍流冲走。这一切表明，在墨西哥湾的地表，曾经发生过可怕的事情！

这时，我们听到尼古拉在大声呼喊，让我们过去看看她发现了什么——一个由微体化石构成的细沙床，更令我们感到不可思议的是，整个细沙床上布满了胡椒粒大小的球粒。我们将这个布满球粒的细沙床命名为尼古拉细沙床。我们猜测，在发生大撞击的时候，这些球粒曾经是熔化的滴石；随后在实验室进行的研究证实，我们的猜测是正确的。即使在越来越昏暗的环境中，我们依然可以看到球粒上的微小气泡。我们猜测——显然，这一猜测是正确的——这些微小的气泡是由于大撞击产生的能量而从尤卡坦石灰岩中释放出来的二氧化碳气体。石灰岩是由碳酸钙组成的，加热后释放出二氧化碳，所以，这是在白垩纪-第三纪界线发生大撞击的直接证据。在细沙床的最底层，堆积着体积相对大些的充满气泡的球粒以及在大撞击过程中从未熔化过的尤卡坦石灰岩碎片。在大撞击发生后，它们冲出大气层，在大气层外游移了几百英里。

桑德罗碰巧抬头看了看一处悬伸出去的沙床的底部，发现上面粘着已经石化了的木头。我们当然知道，在深海海床上是根本找不到树木的，当然更不可能有这么多的树木。当时，这一发现令我们感到十分困惑，但是后来我们才明白，它具有重大意义。仔细研究后，我们得知这些球粒从大撞击处飞出来，飞到密汨布拉尔地区并落下，与此同时，巨大的海啸从撞击地点到达密汨布拉尔地区，撕裂了海底，并继续摧毁了当时的墨西哥海岸线。沿岸的沉积物浸透了海水，并随着海水的流动，流到墨西哥湾深处。我们看到的这些跟沉积物粘在一起的树木原本生长在海岸上的森林里，它们被这场海啸摧毁，随着沉积物流入墨西哥湾深

处。再看看沙层的上部，是规模较小的跨层，这表明，这场海啸在最终平静下来之前，仍有几次余震。

这是一则令人震惊不已的故事，由一处更加令人惊叹不已的露头记载下来。这一发现是科学家们梦寐以求的，但鲜有科学家能够如此幸运地拥有这样的经历。

大历史

显然，发现密汨布拉尔露头是很重要的，桑德罗和简也因此改变了他们的计划。他们在那里搭起帐篷，住了几天，对这些岩石进行深入细致的探究。回到伯克利后，我们将样品寄给同事，做专业的实验室研究。这样，在1992年，我们发表了关于密汨布拉尔的发现的专业论文。[注]第二年，我们又一次来到墨西哥。这一次，我们是与墨西哥地质学家们一道来的。我们发现了几处更有价值的白垩纪-第三纪露头，每一处露头都向我们展示了关于大撞击造成大灭绝事件的更多细节。[注]

从那个时候起，我们走上了与众不同的路。桑德罗回到意大利，创办了科尔迪乔地质观测站。这是一处研究基地，在这里，人们可以阅读到亚平宁山脉奇妙的深水石灰岩所记录的各种各样的地球历史。简继续他所热衷的白垩纪-第三纪界线研究。他比任何一位地质学家都更多地接触并研究了世界各地的白垩纪-第三纪界线露头，从中获取了更多、更详细的有关大灭绝事件的历史信息。可以说，如果简是通过显微镜研究了白垩纪-第三纪界线，那么我就是通过望远镜观察了白垩纪-第三纪界线，回溯到更加古远的年代，以便在更加广阔的历史背景下认识大撞击和大灭绝事件。

我一直都热衷于研究各种各样的历史。作为一名地质学家，我的主要专长是地球历史，但我也有机会了解到由于大灭绝而产生的生命历史，以及由于小行星或彗星的巨大撞击而产生的宇宙历史。除此之外，我一直对人类历史感兴趣，这是因为我所从事的地质学研究让我和我的妻子米莉到过许多不同寻常的地方，但在很长一段时间里，我一直认为这仅仅是一种爱好。

后来，我琢磨，是否有这样的可能，就是把所有这些不同类型的历

史纳入某种类型的跨学科领域，对过去的一切有一个总体的研究，形成一个总的看法。后来有一天，我收到了一封来自荷兰生化学家和人类学家弗雷德·斯皮尔（Fred Spier）的信。他在信中谈到了“大历史”，而这正是我想要去做的。“大历史”这个名称和概念源于澳大利亚历史学家大卫·克里斯蒂安。在进行历史研究的过程中，他试图摆脱大多数历史学家的极端专业化的束缚。

这样，我与戴维·岛袋（David Shimabukuro）一起，在伯克利开设了一门课程：大历史。戴维是加州大学伯克利分校的研究生，他兴趣广泛。开设这门课是我做出的最明智的决定，也是最令我兴奋的一次教学经历。在教学过程中，戴维和我发现，尽管许多伯克利的学生希望自己能够成为专门从事某一学科研究的专家，但还有一些学生渴望看到如何将他们所学的专业课程有效地结合在一起。在课堂上，这些选择了大历史这门课程的学生非常活跃，我还从未看到有学生对课程有这么大的兴趣。我的课上有一名学生，叫罗兰·塞科（Roland Saekow）。他建议开发一个可缩放的、涵盖所有历史的计算机图形学时间线（computer-graphics time line），回溯到大爆炸（Big Bang）事件。罗兰毕业后，与我和戴维一起工作，我们一道完成了同微软研究院合作开发的“时间缩放”（ChronoZoom）项目，现在这一成果已经上线，可以在网站ChronoZoom.com上查阅。

为了合理组织课程，我们认为有必要将大历史分为四个研究领域——宇宙、地球、生命和人类。大历史学家们已经发现，属于自然科学研究领域的前三个范畴与属于人文科学研究领域的第四个范畴之间的学术分歧的确难以弥合，但是，挑战必将带来巨大的回报。

人类境况

在这门课程进行的过程中，我们始终试图通过开发学生的“历史意识”来加深他们对人类境况的理解。所谓“历史意识”，是一种从历史的角度来思考我们在生活中遇到的所有事情的习惯，从宇宙的起源到今天，跨越整个大历史的范畴。我们发现，“历史意识”极大地提高了我们对人类境况的洞察能力。

首先，我们遇到的所有与人类境况相关的事物都与物理学和化学有关联。这些物理学的重大发现——轨道运动、电磁学、相对论、量子力

学、化学成键——充分阐释了世界的运动规律，同时也说明了制约其行为规律的自然法则。但是，它们却很少告诉我们这个特定的世界是如何形成的。为什么是现存的这个世界，而不是另一个同样可信的世界？另一个世界可能产生同样的物理学定律和化学定律吗？

正如我们会在本书的最后一章探讨的，历史充满了偶然性——机遇在历史的发展过程中扮演着重要的角色。在贯穿整个宇宙、地球、生命和人类发展的无数个时间点上，历史完全有可能采取与我们所知的业已成为事实的历史不同的发展路径，而不是只有我们这个世界业已实实在在采取了的这个发展路径。如果历史的发展路径稍有偏离，人类境况将与我们今天所看到的截然不同——或者说，根本就没有人类生存的可能性！

为了更好地了解我们这个特定的世界，我们需要超越物理学和化学，进入历史科学的领域——地质学、古生物学、生物学、考古学、天文学和宇宙科学——然后再来谈论人类历史。我们需要知道，从我们所知的这个业已发生的特定历史中，历史科学家们和历史学家们都了解到了什么。要想了解物理学家的世界与地质学家、考古学家和天文学家的世界有什么区别，我们可以想想比利时艺术家勒内·马格里特的一幅令人深感不安的画作。(注)

马格里特画了一块巨大的岩石，上面有一座城堡，岩石平稳地悬浮在一望无际的大海上。岩石是人类境况的一部分，对于我们来说并不陌生，然而，这幅画却令我们深感不安，因为我们知道岩石不可能悬浮在半空中——这绝对不是人类境况的一部分。一块岩石有可能会在一瞬间被发现处于这样的位置，但这种悬浮只有在小行星陨落的时候才会发生。当一颗小行星以每小时7万英里的速度向地球俯冲，并随着地心引力的增加而加快速度下降的时候，小行星与空气产生摩擦而变得炽热，在坠入地球的一瞬间，将地面撞出一个巨大的陨石坑。真实岩石的这种运动过程，我们可以根据物理学数学定律来计算。

地质学家们利用岩石降落的物理定律进行计算，但是他们更感兴趣的是在历史上有着重大意义的特殊岩石降落的具体案例。我们在1991年发现的密汨布拉尔露头就具有重要的历史意义，因为它证实了6600万年前的一次特殊的岩石降落，这次岩石降落在时间上与生命历史中的一次特定事件——一次大灭绝事件相吻合。毫不夸张地说，这次大灭绝在创造人类境况方面起到了关键作用，因为没有这次大撞击以及由此产生的

大灭绝，恐龙十之八九依然会是地球上最庞大的动物，哺乳动物仍然会很弱小，甚至具备了人类境况也不会产生人类。在形成人类的历史发展过程中，有许多极具戏剧性的情况，这是第一个，也是非常引人注目的例子。

历史存在于人类境况的每一个部分，但是通常来说，专门的历史并不能真正帮助我们了解整个人类境况。要想了解整个人类境况，大历史正是我们所需要的工具。

对大历史与人类境况的思考

无论我们从什么角度来观察人类境况，都能找到几乎无限个方面的例子——从一幅地图或卫星图像这样宽泛的角度，到一张照片上的特写镜头、一本书、一个组织结构图表或者显微镜。例如，我们可以从显示北美夜景的卫星图像中思考它所暗示的人类境况的各个方面以及它背后涵盖的所有历史——从1.8亿年前发生非洲板块断裂的东海岸，到反映西进运动和水资源利用的人口分布情况（在美国西部，城镇和城市要少得多），再到墨西哥、美国和加拿大这几个国家之间的差异。除此之外，我们再来想想那些沉浸在灯光下的一切——政府、工业和商业、科学和高技术、高等院校、军事基地、铁路和公路、宗教团体，以及成千上万的家庭和个人，所有这些都有自己的历史和特色。

那么，一位大历史学家应该从什么视角出发，思考人类境况问题呢？需要思考的问题无处不在。有一种方法是，尝试提出比科学家和学者通常认为的更宽泛的问题。

天文学家会利用万有引力定律和轨道力学来计算导致小行星撞击地球的轨迹，但是，大历史学家想知道重力本身是如何形成的，又是何时形成的。重力是否恒定存在？或者，重力是否只存在于某个特定的时间？

地质学家们往往把重点放在地质历史的细节上，比如一座特定山脉的起源，但是，具有大历史思维方式的地质学家则可能更希望了解，在整个地球历史发展过程中生成所有山脉的大陆运动的全部过程。在大陆运动的历史过程中，是否有可识别的模式、规律、周期和偶然性？

许多生物学家不惜花费时间，研究特定动物和植物的复杂性，但是，大历史学家则会致力于了解为什么生物体是复杂的，以及其复杂性是否会随着时间而发生改变。在特定的历史时刻，新的复杂性会出现吗？

大多数人类历史学家对于导致我们今天所处的特定人类境况的某次偶然事件感兴趣，但是，大历史学家则可能更希望了解产生偶然性的性质是什么，我们将在本书的最后一章详细讨论。

还有一种方法就是，尽可能多地了解隐藏在人类境况的某些特征背后的所有历史。荷兰大历史学家埃丝特·奎黛克斯（Esther Quaedackers）开创了这一研究方法，她称作“小大历史”（little Big History）。几乎任何事情都可能成为“小大历史”的主题。比方说，一个玻璃杯。玻璃杯种类繁多——圆形的或方形的，细高形的或短粗形的，有柄的或无柄的，有装饰的或无装饰的，透明的或有色的。这些玻璃杯是何时、何地、为何出现的？人类是什么时候、从哪里学会制作玻璃的？地球是如何浓缩石英，使之成为制造玻璃的原料的？石英是由硅和氧组成的，但是，在这样一个起源于氢和氦的宇宙中，硅和氧是如何、何时出现的？

这样一个更具挑战性的“小大历史”会以其特殊的、极具说服力的方式向人们讲述如何理解山脉。阿尔卑斯山脉是如何影响人类历史发展的？假如在意大利和德国之间只有平坦的地貌，人类历史会因此而有所不同吗？阿尔卑斯山脉的特殊地貌——例如，马特峰——是如何形成的，又是何时形成的？为什么恰恰是在那里有这样一座山脉，这与大陆运动的历史有关联吗？每一个结构复杂的阿尔卑斯山脉的岩石体是如何形成的，又是何时形成的？是什么样的特殊历史把形成这些岩石体所需的特殊元素带到这个地球上来的？

或者，我们可以用“小大历史”来研究西班牙语，这是一种伟大的语言，思考一下这支使用拉丁语的后裔是如何统治了伊比利亚半岛，然后又主宰了拉丁美洲的大部分地区的。这其中是否有地理控制因素？如果有的话，其背后隐藏着怎样的地质历史？语言是如何出现的，又是何时出现的？并且，我们知道，唯有人类才具有使用复杂语言的能力，那么，人类被赋予了什么样的解剖学特征？在过去的1000年里，语言这一特定功能所具有的优势又是如何影响了人类历史的发展的？

在这本书中，我们会举出一些具体的例子——既涉及宽泛的问题，

也涉及“小大历史”。我的专业背景是地质学，或者说，我是一名地球历史学家。因此，我选择了以地质学家的视角来审视人类生存状态，而不是以一种非常宽泛或者一种非常详细的方式来讲述有关人类境况的历史。很显然，具备我这样学术背景的人总是首先想到我们的地球——地球内部的深层构造、地球的表面特征、地球的海洋和大气层。这种方法在试图了解大历史或人类境况的其他人中间并不常见，但是，也许我的这个视角会令人耳目一新——为我们思考我们的世界提供了一种新的思维方式。

因此，在这本书中，我们首先对宇宙历史做一个简要的概述，了解我们所居住的这个行星和太阳系是如何生成的。然后，我们将重点讨论地球以及地球上种类繁多的植物和动物。最后，我们将思考人类的一些基本特征，以及我们的地球是如何制约人类的发展的。

1. 1英里约合1.6千米。——编者注
2. “第三纪”这一术语现在已经过时了，新的术语是“白垩纪-古近纪界线”；但是在此处，我依然使用“第三纪”，这是因为在那个时候，我们还在使用“第三纪”这一术语。
3. Alvarez,L.W.,Alvarez,W.,Asaro,F.,and Michel,H.V.,1980，Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction:Experimental results and theoretical interpretation:Science,v.208,p.1095–1108;Smit，J.,and Hertogen,J.,1980,An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary:Nature,v.285,p.198–200.
4. Montanari,A.,Hay,R.L.,Alvarez,W.,Asaro,F.,Michel,H.V.,Alvarez，L.W.,and Smit,J.,1983,Spheroids at the Cretaceous-Tertiary boundary are altered impact droplets of basaltic composition:Geology,v.Ⅱ,p.668–671.
5. Muir,J.M.,1936,Geology of the Tampico region,Mexico:Tulsa,Oklahoma，American Association of Petroleum Geologists,280 p.
6. Hildebrand,A.R.,Penfield,G.T.,Kring,D.A.,Pilkington,M.,CamargoZanoguera,A.,Jacobsen,S.B.,and Boynton,W.V.,1991,Chicxulub Crater:A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatán Peninsula，Mexico:Geology,v.19,no.9,p.867–871.
7. Smit,J.,Montanari,A.,Swinburne,N.H.M.,Alvarez,W.,Hildebrand，A.R.，Margolis,S.V.,Claeys,P.,Lowrie,W.,and Asaro,F.,1992,Tektitebearing，deep-water clastic unit at the Cretaceous-Tertiary boundary in northeastern Mexico:Geology,v.20,no.2,p.99–103.
8. Alvarez,W.,1997,T.rex and the Crater of Doom,Princeton,Princeton University Press,185 p.
9. 马格里特的这幅画名为《比利牛斯山脉的城堡》（Castle in the Pyrenees）。原作现存于耶路撒冷的以色列博物馆，我们可以在许多网站上搜索到这幅画。

宇宙

第二章　从大爆炸到地球

“超棒”的含义

人类境况始于这样一个事实，那就是，我们人类生活在一个极其巨大的宇宙里。我们可以测量宇宙，但却无法用语言以一种我们能够真正理解的方式来表述它的规模。太阳主宰着我们的天空并赋予我们生命，它是一颗普通的、周而复始地有规律运行的恒星。我们的这颗恒星只是广阔的一大群星星中的一颗，它与其他恒星共同组成了一个星系，我们称作银河系。而银河系本身也只是一个普通的、平凡无奇的星系，处于广阔的一大群星系之中。在宇宙中，无数的星系向四面八方无限伸展，在我们用最强大的望远镜可以观察到的距离之内，到处都有星系。

在地球这颗行星上，产生了地球文明，并演绎了整个地球文明的历史进程，而这颗行星在整个宇宙中只不过是一个完全可以忽略不计的点。[注]我们必须怀着谦卑的心态开始对大历史这一涉猎广泛的课题进行探索；然而，随后我们会发现，地球虽然在宇宙中只是一个微不足道的存在，但在地球自身的范围里，与我们人类息息相关的地球历史本身有着无穷无尽的魅力。

我们可以用数字来说明一下刚刚谈到的内容。银河系包括了大约100000000000颗（一千亿颗）恒星，而它是大约100000000000个（一千亿个）星系中的一个。科学家们更喜欢使用指数记数法来计算“0”的个数，并以此估算，在宇宙中，大约有10的十一次方（10^{11}）个星系，每个星系大约有10的十一次方（10^{11}）颗恒星；或者说，宇宙中大约有10的二十二次方（10^{22}）颗恒星。指数记数法在结构上显得更紧凑，计算时也更容易，但是，这种记数法却模糊了一个惊人的事实，那就是，我们的太阳只是总共约10000000000 000000000000颗恒星中的一颗。

我们时常听到有人说，某位音乐家或某位篮球运动员“超棒”（awesome）。如果把“超棒”这个词用在这本书所谈论的主题上——形容我们的宇宙，相比之下，用“超棒”这样一个超强力的词来形容一个人，是多么愚蠢的误用啊！假如我们想要把“超棒”这个词用得恰如其分，就应该试着用它形容我们的宇宙。宇宙拥有10000000000000000000000颗恒星，并且也可能拥有同样多或者更多颗行星。

说到这里，我们自然而然地就会提出这样的问题：形成这样一个真正“超棒”的宇宙是为了什么？或者说，它为什么存在？这是一个发人深思的问题，但同时，这也是一个令科学界都不知该如何给出让人信服的答案的问题。科学家们对这个问题深感焦虑，因为我们从未能够搞清楚自然界的目的。但我们倒是可以探寻宇宙是何时形成的，以及它是如何演变到现在这种状态的。科学技术发展到今天，我们已经能够对这些问题给出初步的答案。在过去的几十年里，天文学家和宇宙学家的探索研究不断深入，已经达到了一个新的高度，因此，我们对于宇宙历史已经有了一个基本的了解。

然而，直到大约50年前，天文学家和宇宙学家还在进行着一场轰轰烈烈的辩论：宇宙是否始终处于一种大致与目前一样的结构状态，即所谓的稳态宇宙（steady-state universe）？或者说，宇宙是否有一个明确的初始状态——一个叫作“大爆炸”的初始时刻？事实上，一个看起来总是大致相同的稳态宇宙是不会拥有历史的，并且，宇宙的大爆炸就是一次历史事件。现在我们知道，宇宙是从大爆炸开始的，毫无疑问，这说明宇宙的确拥有历史，而且是一段非常引人注目的历史。

宇宙历史是大历史上的第一个研究范畴，但是，在这里我们遇到了一个奇怪的矛盾。浩瀚无垠的宇宙被创造出来，似乎只是用作我们人类这个物种的温床。可是，我们人类只是生活在一颗行星上，这颗行星围绕着一颗恒星日复一日地运转，而这颗恒星只是一个星系里无数颗恒星中的一颗。不仅如此，我们还知道，宇宙中不知有多少个这样的星系，分布着难以计数的恒星。显然，认为宇宙被创造出来只是用作我们人类这个物种的温床这一想法是荒唐的。正因为如此，大历史的研究目的就是把人类的发展历史纳入整个宇宙的发展历史之中，并且，从我们人类的狭隘视角出发，拉开所有宇宙历史的序幕。如果没有宇宙历史知识，我们就无法真正理解人类境况，宇宙历史为人类历史提供了持续发展的舞台。我们必须在脑海中牢记两个相互矛盾的观点——从宇宙历史的角

度来看，我们人类绝对是无足轻重的；而从我们人类自己的角度来看，宇宙历史则是我们不可或缺的遗产。

我们的探讨从源头开始，从发现大爆炸开始，并且，我想用一种非同寻常的方式开始我的叙述：谈谈一位靠赶骡子谋生的年轻人。

骡夫的发现

宇宙起源于大爆炸，这是一个经常被讲的故事，并且，只要一讲大爆炸的故事，就要从天文学家埃德温·哈勃开始。但是在我看来，哈勃已经得到了足够多的当之无愧的认可，包括名字被写在巨大的空间望远镜上，所以现在，我更喜欢从另一个人开始——一个男孩，14岁辍学去做骡夫，每天赶着一队骡子运货，并且自那以后，他就再也没有受到过正规教育。

这个男孩叫米尔顿·赫马森（Milton Humason）。1891年，赫马森出生于明尼苏达州，恰好是在埃德温·哈勃出生后的两年。(注)在洛杉矶小镇的一个夏令营中，赫马森被威尔逊山深深地迷住了，于是他退学去那里做起了骡夫。在他那个年代，卡车还没有成为主要的交通运输工具，因此，他赶着一队骡子在那一带跑运输。

大气逆温（atmospheric inversion）是造成今天洛杉矶烟雾的原因。大气逆温使得大气逆温层以上的空气特别稳定，是用天文望远镜进行观测的理想选择；并且，威尔逊山顶处于大气逆温层之上，当时山上正在安装一台100英寸(注)口径的大望远镜。这台大望远镜预计1917年安装完毕，在随后的30年里，它是世界上头号先进的天文仪器。米尔顿·赫马森的骡子运输队被这项工程雇用，为在山顶上架设天文台运送木材。在此之前，他也许从来没有想过，在接下来的日子里会发生什么。

在往天文台工地运输木材的过程中，赫马森爱上了天文台首席工程师的女儿海伦·多德（Helen Dowd）。赫马森与海伦结婚了，两年后，赫马森得到了一份卑微的工作，在山顶上的天文台做看门人。在此期间，赫马森被天文学家们的研究工作迷住了，志愿帮助夜班助理冲洗由望远镜制作的照相底片。后来，他自己成了一名夜班助理。很快，赫马森就熟练掌握了这方面的技术，于是得到了天文台台长乔治·埃勒里·黑

尔（George Ellery Hale）的赏识，后者于1919年让他成为一名正式的工作人员。这对于一个高中辍学的人来说是一个闻所未闻的成功，但黑尔对赫马森的判断很快就被证明是正确的。

1915年，也就是100英寸望远镜安装完毕的前两年，爱因斯坦发表了他的广义相对论。爱因斯坦认为，行星、恒星和星系等巨大的物体扭曲了时空几何（geometry of spacetime），这仍然是理解引力的基础，但不是他提出的那种形式。虽然今天来看，这一理论令人费解，但爱因斯坦相信宇宙是静态的、非历史的——既不膨胀，也不收缩，恒星的位置固定不变。(注)

威尔逊山上这台100英寸望远镜是当时世界上最先进的天文仪器，比其他任何望远镜观测的距离都远。它被设置在威尔逊山顶，因为这里可以测试宇宙是不是静态的。埃德温·哈勃是最适合这项工作的人，但据各方面的记载，他并不是一位娴熟的观察者，并且他自己也不能独立做一些必要的测量。幸运的是，他让米尔顿·赫马森与他一道工作。

赫马森和哈勃的发现彻底改变了我们对宇宙的认识。每天晚上，赫马森都会将这台巨大的望远镜瞄准我们这个银河系之外的星系，测量它们是如何快速向我们靠近或者离我们而去的——利用吸收线在其光谱中的红移（red shift）——并且计算它们距离我们有多远，这种距离测量很难达到精准。光谱线显示，除了离我们最近的星系外，所有的星系都离我们远去，并且离我们越远，远离的速度就越快。这听起来好像我们是一切的中心，其实不然。如果天文学家们能够置身于每一个星系中进行观察，那么，他们在每一个星系里都会看到同样的情况，观察到以他们为中心，宇宙正在膨胀。宇宙正在膨胀确实是正在发生的事情。

这一发现被称作哈勃膨胀，星系退行率和距离的比值被称作哈勃常数，因为哈勃在1929年的发现报告上只留下了自己的名字。但这显然是合作的结果，因为就在这份刊登于《美国国家科学院院刊》、基于几个邻近星系的观测结果撰写的1929年哈勃报告还是由赫马森执笔的，报告中给出了更遥远的星系有更高的退行率的结论。在我看来，天文学家们应该将这一发现称为哈勃-赫马森膨胀和哈勃-赫马森常数。

在一个不断膨胀的宇宙中，如果我们能够在时间上往回穿越，就会发现，星系越来越聚拢，直到所有的星系以及它们之间的所有空间都被限制在一个小球体中，这就是那场发生在140亿年前的大爆炸。这里说

的大爆炸并不像我们在日常生活中所见到的那种爆炸。它不是在空间内部的爆炸，像燃放爆竹或者在采石场进行爆破，而是空间的爆炸和物质的爆炸，甚至是时间本身的爆炸。无论是空间、物质，还是时间，在发生这场大爆炸前，都是不存在的。这是物理学家和宇宙学家提供的最新研究成果，是包括时间在内的每一次事件的开始，尽管这种解释很难直观地理解。哈佛大学宇宙学家莉萨·兰德尔（Lisa Randall）曾经跟我说，我们的确不知道最初到底发生了什么。

毫无疑问，膨胀宇宙是最伟大的科学发现之一。正因为如此，现在正是恰当的时候，我们不该再认为米尔顿·赫马森只是一个辍学的骡夫，或者是天文台上最初几年的看门人，而要记住他是如何一步步成为一位真正伟大的科学家的。事实上，他在1950年成了赫马森博士——获得了瑞典兰德大学（University of Lund）的荣誉博士学位。普通的博士学位授予那些年轻的科学家，奖励他们大有前景的初步研究成果，而荣誉博士学位则是对有成就的科学家一生所做的伟大工作的肯定。也许，不会有谁比米尔顿·赫马森更有资格获得这样的博士学位，因为他与哈勃合作，经过长时间的观测、研究和论证之后，最终确定宇宙不是永恒的——它的年龄是有限的，并且有着它自己的历史。

地质学与大爆炸

在宇宙中，地球只是一个微不足道的小点，而对于大爆炸以及整个宇宙的历史而言，像地球这样的小点的历史能告诉我们什么呢？事实上，它能告诉我们的事情相当多……

关于宇宙膨胀是如何被发现的这个故事，跟我们前面说的差不多，只是经常还会增加更多的细节，并且一般都会讲到哈勃这位唯一的英雄，但是事实上，这个故事要复杂得多，也更有趣。天文学家不容易接受宇宙膨胀的说法，也不容易接受被称作大爆炸的推论，主要的原因是，与之相关的研究工作时而可以顺利推进，时而需要重新开始，总会出现差错，总是需要用新的科研成果进行修正。

对于赫马森和哈勃来说，测量或估算遥远星系的距离是一项非常困难的工作。只有最近的恒星可以通过测量它们的视差——当地球围绕太阳运转的时候，它们以遥远的恒星为背景移动了多少——直接测定距离。对于遥远的恒星和星系，天文学家们则是测量那些他们认为知道其

真实亮度（true brightness）的物体的视亮度（apparent brightness）。有趣的是，它有个稀奇古怪的名字——“标准烛光”。这就像我们在夜晚可以根据街灯的视亮度，估算一个城镇的距离。宇宙是如此巨大，天文学家们已经发现了一系列处于不同距离的标准烛光，并将这些标准烛光串在一起，形成一个“宇宙距离阶梯”（cosmic distance ladder）。不可否认，每一个阶梯都存在着不确定性。在赫马森和哈勃从事这项研究工作的20世纪20年代后期，不确定性的积累使得遥远星系的距离变得极其不确定。

现在我们知道，他们对于遥远星系距离的估算存在非常严重的错误——他们估算的遥远星系距离大约是实际距离的1/7！——这对于理解宇宙历史甚至理解宇宙是否有历史造成了严重的影响。知道每一个星系正在退行的速度，并且认为已经知道了它的距离，他们便可以追溯到所有星系紧密聚集在一起的时间，而这正是我们现在所说的大爆炸。

问题就出在这里：(注)他们使用了不准确的距离，错误地计算了时间，认为从起始时间至今只有20亿年，这个时间已经被证明太短。到了20世纪30年代，地质学家们逐渐学会了利用矿物质中的放射性衰变来确定地球的年龄，地质学手段所确定的地球年龄在16亿年到30亿年。(注)这几乎没有足够的时间，或者说根本没有足够的时间让地球历史融入宇宙历史！

更为严重的问题出现了，天文学家非常重视地质学家得出的有关地球年龄的结论。然而，如果确定有一个比宇宙还要老的地球，这个问题就太严重了，埃德温·哈勃意识到了这一点，这位被誉为“膨胀宇宙”发现者的学者在几年之内就不再相信自己得出的膨胀理论了！从1935年直到1953年去世，哈勃坚持认为，遥远星系的红移并不是由于它们加速离我们而去而产生的，而是其他一些尚未被认知的现象。发现者本人居然反对这一当代天文学和宇宙学的基础！(注)

针对这一困境，持怀疑态度的宇宙学家们发明了稳态理论（steady-state theory）来替代大爆炸理论。他们提出，宇宙确实在膨胀，但是新的物质不断被创造出来，填充膨胀所留下的空间。这样看来，宇宙的年龄可能非常大，甚至是无限的。今天看来，稳态理论只是当时的一种奇思异想，因为我们现在已经知道了问题的症结所在。问题的解决方法远比不断创造新的物质更为奇特。很简单，早期的距离测量是错误的。到20世纪60年代，更先进的望远镜和一个更为完善的宇宙距离阶梯表明，

遥远星系的距离比赫马森和哈勃曾经认为的大约远7倍。这相当于宇宙的年龄100亿年以上，所以宇宙存在的时间显然比地球更为久远。

此外，更有说服力的新证据证实了大爆炸理论——从宇宙背景辐射（cosmic background radiation）来看，宇宙在大约38万年的时候发出了无线电波的嗡嗡声。新证据还给出了两个最轻的元素氢和氦的宇宙比，这正是宇宙大爆炸理论所做的物理预测。而事实上，欧洲普朗克卫星得出的有关宇宙的最为精确的年龄是138亿年；由此，宇宙便有了充裕的时间生成这个现在已知约为45亿年的地球。

哈勃和赫马森在关于距离的问题上出现了错误，但是这个错误是可以理解的；他们所做的工作将天文学向前推进了一大步，为大爆炸理论奠定了基础，也为我们对于宇宙历史的认知能够达到今天的高度奠定了基础。注正如生物学家们所说的，在对生命历史进行研究时，不依据进化论来思考问题，将是毫无意义的。而对于地质学家们来说，他们懂得，在对地球历史进行研究时，不按照板块构造理论来思考问题，也是毫无意义的。那么，对于天文学家们来说，在对宇宙历史进行研究时，不按照大爆炸理论来思考问题，同样是毫无意义的。

六个数

尽管我们无法回溯到遥远的大爆炸历史之中，对大爆炸事件进行确凿的观察，但是宇宙学家们依然可以计算初始时期的温度以及物质的状态，把宇宙投射回微小的初始点。在这本书中，我们不会占用过多的篇章来详细探讨早期的宇宙历史，但我们必须考虑到，大爆炸正是那些深层奥秘存在的原因。这一奥秘是人类境况的核心，隐藏在浩瀚夜空的每一个天体之中，存在于我们所生存的地质行星的每一个方面，存在于我们隶属其中的整个生物王国之中，也存在于我们作为一个智能的、具备交流能力的、能够制造工具的灵长类动物的方方面面。

假如物理学定律、物质种类或某些基本常数不同，人类境况的方方面面都不可能是现在已经表现出来的样子。这些参数中的任何一个与其所表现出来的哪怕有那么一点点的不同，宇宙就极有可能与现在我们看到的完全不同或者根本就不存在。我们的太阳已经有规律地、持续不断地燃烧了足够长的时间来进化生命，这是因为这些参数使得核聚变成为

可能——当较轻的原子核结合或聚变成较重的原子核时，大量能量就会缓慢释放出来。第一步是氢聚变生成氦；而这一过程继续进行，生成越来越重的原子核，最终生成铁。

我们的星球以及星球上包括人类在内的所有生物之所以能够产生并如此发展，是因为元素的存在和它们形成化学键的方式，它们让矿物质、岩石和生物活性分子得以产生，还因为太阳在核聚变过程中释放出来的热量温暖了我们的星球。

那么，这些物理学定律、物质种类和基本常数是如何产生的，又是何时产生的呢？光是从遥远的星系传递到我们这里的。我们现在看到的光实际上是在大爆炸发生后即刻产生的，这足以说明这些光距离我们有多么遥远，但是，这些光看起来就好像是从附近的恒星上射出来的。很显然，物理学定律、物质种类和基本常数在大爆炸结束时就已经形成了。这样，宇宙学家们利用这些参数能够计算出宇宙大爆炸早期的合理情形，如此看来，它们在宇宙初始时期或者说非常临近宇宙开始时期早已经各就各位了。这些基本参数是如何锁定在宇宙结构之中，以确保每一处的每一个电子都以同样的方式运作的？没有人知道。

它们是如何碰巧恰到好处地展示了它们的价值呢？英国天文学家马丁·里斯写了一本非常重要的书，讲的是与此相关的人类境况，书名是《六个数》（*Just Six Numbers*）[注]。在这本书中，里斯探讨了六种基本常数。一开始，这六种基本常数便以某种方式被纳入宇宙的结构之中。他指出，目前的物理学还没有办法解释它们的价值。同时他认为，如果它们当中的任何一个甚至只有哪怕一点点的不同，宇宙都将是非常不同的，这样也就没有了我们的生存空间。我们只对里斯的六个数字中的一个进行简要的介绍。

在第一章中，我们把重力视为人类境况的一个基本组成部分，解释了为什么小行星以极快的速度从天空坠落下来，撞击地面，形成巨大的陨石坑，而不是平稳地悬浮在海面上。构成小行星的岩石是由电磁力结合在一起的。里斯指出，电磁力强度系数是重力强度系数的10^{36}倍，我们可以把这个数字写出来：1000000000 000000000000 000000000000 000，可以更形象地说明电磁力要比重力的强度大多少。这似乎很奇怪，因为我们一直都能感受到重力，却很少注意到电磁力。原因是，电磁力的正负电荷在短距离内相互抵消，但重力则总是产生吸引力，并始终在宇宙范围内发生作用。

但假设这个比率不是那么大，这就意味着，重力比我们实际感受到的要强得多。在这种情况下，恒星就可能变得更小，数量就可能增加更多，会更紧凑地聚集在一起；如果是这样的话，像我们这样的行星系统将处于不稳定状态，恒星很快就会燃烧殆尽，所以宇宙将没有足够的时间进化出生命。或者反过来说，假设这个比率过大，重力较弱，将可能形成一个比我们生活的宇宙更为复杂的宇宙。这样的话，情况就完全不一样了。里斯关于六个数字的讨论让我们知道，其中任何一个因素发生极其微小的变化，都会产生强大的作用，这使得我们有了一个强烈的感觉，那就是人类境况处于一个难以形成平衡状态的刀刃上，而这也正是本书的主题。

黑暗时代与星空时代

回顾宇宙历史，我们似乎有这样的感觉，即宇宙就像是一个死胡同。不可思议的是，宇宙在其初始时刻，更像是一个有着极高温度的极其微小的球——大爆炸——不是在空间之中，而是囊括了所有的空间。在其形成的最初三分钟内，宇宙膨胀得非常迅速——可能包括一个时段的超高速“膨胀”——之后温度逐渐冷却下来，整个序列的亚原子粒子一闪而过，继而转化为其他类型，呈现现代粒子物理学能够理解并计算的形式，最终我们今天的常态物质变得稳定。注

在常态物质中占主导地位的是质子。随后，宇宙会冷却到适合的温度，足以使电子结合质子，形成氢原子，但是在此之前，我们可以将质子视为裸氢原子核。在短暂的间隔中，温度升高到足以使一些质子聚变形成氦核，但是，膨胀和冷却结束了这一过程，只有大约25%的氢转化为氦。这就是大爆炸结束时宇宙的构成状态：进一步冷却后，原子核与电子得以结合成原子——大约75%的氢、25%的氦，剩下的是微量元素锂，没有其他元素了。注这一成分结构不足以形成像地球这样的岩石行星，或者形成生命！

随着大爆炸产生的原本非常致密的物质逐渐减小密度，并且变得越来越稀疏，历史的终结似乎已经到来，除了越来越分散的氢和氦的混合物，什么都不会留下。宇宙进入天文学家们所称的黑暗时代，因为当时还没有出现任何恒星。但是很显然，这并不是历史的终结，因为后来有了我们人类，我们存在于由岩石构成的地球上，沐浴在赋予生命的阳光

之下！那么，到底发生了什么事？

幸运的是，大自然有三个绝妙的“把戏”，使得我们人类的这个世界成为可能。第一个绝妙的“把戏”是制造恒星；第二个是在恒星内部合成新元素；第三个是使一些恒星爆炸，释放出的新元素成为年轻恒星的一部分，形成岩石行星。

在第一个绝妙的“把戏”中，引力导致宇宙膨胀的速度开始减缓，宇宙膨胀自发生大爆炸之时就出现了，持续了几乎整个宇宙早期，并且将其最初微小的密度波动放大，形成了一个有着巨大密度对比的宇宙。在黑暗时代，引力把较为致密的区域拉进了密度更大的区域，最终变成星系。㊟

在这些原星系里，存在着更为密集的团块，在重力的作用下，它们的密度越来越大，最终会变成恒星。当第一批恒星变得足够致密、足以发生核聚变的时候，它们开始发出光。黑暗时代宣告结束，星空时代（Starry Epoch）开始了。这种状况仍在继续发生变化，今天，我们所处的人类境况是一个拥有10000000000 000000000000颗恒星的宇宙。

在最早生成的恒星周围可能存在像木星这样的气态行星，但没有像地球这样的岩石行星。这是为什么呢？很简单，我们必须记住，在宇宙的物质中，大部分是氢，25%是氦，除此之外基本上没有别的元素。制造岩石所需的元素——主要是镁、铁、硅和氧——还不存在。

第二个绝妙的“把戏”叫作核合成，因为它合成了新原子的原子核。中世纪的炼金术士想出了各种各样的办法，要从诸如铅等常见金属中合成黄金，但追溯炼金术的历史，我们发现，炼金术士从来就没有丝毫的机会合成黄金！㊟在设备简陋的实验室里，炼金术士可以通过微弱的小火焰使金属发生化学反应，其中一种元素的原子改变了与其他元素原子间的排列结构，正如我们在厨房的炉子上所看到的一样，但是，元素本身并没有发生改变。

化学反应涉及的只是那些松散地聚合在一起的电子，这些电子在原子核外部边缘沿轨道运行，但隐藏在电子云中心的微小原子核对于炼金术士采取的任何攻击都能够无动于衷。如果宇宙依靠炼金术士的技术，那么，我们会有一个只有氢的宇宙。

然而，大自然有自己的实验室，炼金术士从来都没有可能构想出改变大自然的办法，更别说复制了，并且，大自然的实验室就是恒星的中心。真正生成新元素的“炼金活动”是通过恒星内部的核反应进行的。只有在恒星的核心里，温度和压力才足以挑战使质子飞散的电斥力（electrical repulsion），或者才足以挑战“强核力”的巨大吸引力，这种强大的力量甚至可以将质子聚集在一起。

从带有两个质子的氦，到带有26个质子的铁，所有元素都是由聚变而产生的。这其中包括四种元素，它们是构成岩石的主要成分，因此也是构成地球的主要成分。对于我们来说，聚变也是至关重要的，因为它从太阳内部释放出来的热量温暖了地球，使生命出现成为可能。

但是，恒星中的重元素被困在恒星内部，无法制造行星。更重要的是，简单的聚变不会产生比铁更重的元素。难道我们又陷入了另一个死胡同吗？

没有！让我们来看看第三个绝妙的“把戏”。当氢燃料耗尽时，一定质量范围内的恒星会发生爆炸。幸运的是，我们的太阳的质量并不处于这一范围内，但那些处于这一范围内的恒星，也就是超新星（supernovas）最终会发生巨大的爆炸。超新星的剧烈爆炸产生极其强烈的光，超过了它们所在星系中的其他所有100000000000颗恒星。爆炸将氢核挤压到一起，由此产生的所有元素都比铁重，而爆炸本身散射出来的所有元素遍布超新星周围的空间区域，在那里它们可以合并成新的恒星。最近的一颗超新星是由中国天文学家在1054年观测到的，而那次大爆炸产生的碎片至少仍然可以看到，它是一团错综复杂的丝状星云碎片结，被称为蟹状星云。

数十亿年来，超新星接连不断地产生，为星系贡献了越来越多的重元素，使得新一代的太阳系含有足够的重元素，用来形成岩石行星。这就是大约45亿年前我们的太阳系诞生时的情况。因此，一个明显的迹象是，在宇宙历史上，物质发生了演变，这是一个陌生的概念，但对于大历史学家来说，这却是一个非常重要的概念。

卡尔·萨根说，我们人类源自星尘——从超新星爆炸的碎片产生的星尘。这个奇妙的、几乎不可思议的场景是各种各样的粒子和物理学定律共同作用的结果，它们以我们至今仍然无法理解的方式印在我们的宇宙之中。从大历史的人类中心主义观点来看，此时，构建地球这个我们

赖以生存的行星的时期已经到来。

我们赖以生存的行星的诞生

这一章，一开始我们带着敬畏之心探讨了浩瀚无垠的宇宙，结束之时则怀着奇妙之感——神奇的宇宙令我们感到惊讶，这是因为，尽管依然存在着各种各样的不确定性，但是我们有了地球这颗行星。我们赖以生存的这颗行星，以其最佳形式适合于生命的产生和延续，适合于我们人类这一物种，适合于我们创造意义非凡的历史。

我们的地球诞生在几乎不可想象的大灾难之中。在对地球早期演化的研究中，有一段令人难忘的表述："地球的诞生充斥着暴力和高温。这样一颗愤怒的年轻行星是如何发展并转化为我们今天所看到的运转有序、发展完善的行星的呢？"(注)

毫无疑问，这是一个令人叹为观止的奇迹！一颗新生的恒星——我们的太阳——吸收大量的气体和尘埃，先是从下落的残片获取热量，然后在达到可以发生核聚变反应的大小后通过核聚变获取热量。同时，日趋成长的行星从围绕着中央恒星的气体和尘埃盘中扫出了额外的残片——中央恒星向相反的方向喷射出几光年的巨大等离子喷流，与成长中的行星轨道平面相垂直。当然，我们没有45亿年前太阳系诞生时的确切照片，但是哈勃空间望远镜为我们提供了奇妙的图像，让我们看到恒星正在形成的区域，向我们展示了其形成过程的样子。

或许最为壮观的恒星诞生区域是南部天体的船底星云(注)，这是一个巨大的恒星孕育地。在这里，正在形成的新恒星处于巨大气体和尘埃云的有利环境之中。我们的太阳和地球可能起源于大量像这样的新生太阳系之中，但是我们并不知道，因为在那之后的45亿年里，任何一个姊妹恒星都会分散在银河系的周围。

太阳生成并逐渐成长，然后开始燃烧。围绕着太阳的，一定有一个由小块固体物质组成的薄圆盘——尘埃和太空岩石——就像我们今天看到的环绕着土星的圆盘，只是要大得多。渐渐地，这些小块固体物质聚集在一起，形成越来越大的物体，最终成为我们今天所知的八大行星，以及小行星和彗星。非凡的计算机模拟告诉我们，地球这颗行星的形成

过程可能就是这个样子。

地球变得越来越大，这一变化过程中，一定有过许多次剧烈撞击，这些撞击物的大小与行星差不多。这些撞击带来巨大的灾难，其规模之大难以形容：与这些撞击相比，给恐龙带来灭顶之灾的尤卡坦撞击就显得微不足道了。如果一颗较小的行星撞击了一颗较大的行星，其撞击位置恰好在中心和边缘之间，它会将较大行星撞掉很大一块，猛烈的撞击冲力会把碎片送入围绕大行星的薄圆盘中——薄圆盘逐渐聚集在一起，形成卫星。这就是目前我们对月球的起源最为认同的理论。㊟

月球在人类境况中起着决定性的作用。它保证地球能够平稳而有规律地旋转；它产生的潮汐可能帮助了海洋动物适应陆地上的生活；它避免了大多数夜晚漆黑一片，为情侣提供浪漫的夜色；它帮助人们构建日历；它为人类早期太空探索和太空着陆提供了最近的目标。但是，一颗行星只有一颗体积较大的卫星——月球，这样的行星并不常见。我们的地球是太阳系中唯一的一个只有一颗卫星的行星。如果地球的发展过程稍有偏差，它可能就没有卫星，或许可能有两颗卫星，或许月球沿轨道反向运转。这样的话，人类境况将完全不同，或者根本就没有人类。㊟

真正产生月球的巨大撞击发生在地球吸积结束之前。我们可以用一个小型望远镜来证实这一点。你可以观察到明亮的月球高地上布满小陨石坑，这显然是月球生成之后发生的撞击造成的。地球在月球形成后一定也受到了同样的待遇，但我们地球这颗行星的地质活动极其活跃，以至于那些晚吸积期出现的陨石坑都没有在地球幸存下来。月球生成之后的大爆炸非常重要，因为产生月球的巨大撞击可能会将地球上的大部分水分或者全部水分散发到太空之中。我们现在看到的海洋可能是由月球生成后的彗星带来的，目前这还只是正在研究的一个主题。

在1亿年左右的时间里，随着太阳系的大部分碎片与不断增长的行星产生碰撞并被卷走，地球向着更加理想的状态发展，成了一个安静得多的、“更守规矩”的地方。然而，它的宁静似乎被大约在5亿年之后再次发生的巨大的撞击打断了一段时间。这就是后期重轰击期，关于这方面的内容，我们将在第七章中详细谈论。后期重轰击期在月球表面产生了巨大的陨石坑，随后这些陨石坑被黑暗的熔岩填满，我们可以用肉眼看到。但是，当这一切结束的时候，地球确实安定了下来，进入缓慢的大陆运动的历史阶段，形成山脉，演化出生命，一直持续到现在。

地球是神奇的、美妙的，我们早已对此习以为常，甚至认为地球的完美是理所当然的，因为我们用一生感受到了这一切，就像生活在不同时代的人类所感受到的一样。但是，大历史给了我们宏观的概念，让我们认识了遥远的过去，并让我们感到惊奇，也让我们心存感激。纵观宇宙宏大的历史，在充满剧烈的宇宙运动和偶然性之后，它呈现给我们这样一个完美的生活场所。

1. 卡尔·萨根在1990年旅行者号从37亿英里外拍摄的图像中明确阐释了这个“暗淡蓝点”——微小的光点就是地球，并给出了令人难忘的描述。我们在网上搜索“暗淡蓝点”（Pale Blue Dot），就可以找到该图像以及萨根所给出的阐释。

2. 在《宇宙》这本书的第十章《永远的尽头》（The Edge of Forever）中，卡尔·萨根还将米尔顿·赫马森的故事作为那一章的中心内容，而不是埃德温·哈勃。这一章的内容可以在优兔（YouTube）上找到。

3. 1英寸约合2.54厘米。——编者注

4. 这种“恒星固定论”（stellar fixism）不禁令人联想到地质学家们在很长一段时间里一直接受的“大陆固定论”（continental fixism）——一个错误的观点，持这一观点的人认为，大陆从未移动过。关于这一点，我们将在本书的下一章进行讨论。1997年，艾伦·古斯（Alan Guth）出版了《膨胀的宇宙》（The Inflationary Univers）。在这本书的第三章中，他对宇宙学中关于静态宇宙的这段历史做了清晰的描述。

5. Brush,S.G.,2001,Is the Earth too old?The impact of geochronology on cosmology,1929–1952,in Lewis,C.L.E.,and Knell,S.J.,eds.,The age of the Earth:From 4004 BC to AD 2002:Geological Society of London,Special Publication,v.190,p.157–175.

6. 这是阿瑟·霍姆斯（Arthur Holmes）在1927年和1931年给出的数值（Dalrymple，G.B.,1991,The age of the Earth，Stanford，Calif.,Stanford University Press,p.17）。目前的数值是比45亿年多一点[Dalrymple,G.B.，2001,The age of the Earth in the twentieth century:A problem(mostly)solved，in Lewis,C.L.E.，and Knell,S.J.,eds.,The age of the Earth:From 4004 BC to AD 2002:Geological Society of London，Special Publication,v.190,p.205–221]。

7. Kirshner,R.P.,2004,Hubble’s diagram and cosmic expansion:Proceedings of the National Academy of Sciences，v.101,no.1,p.8-13.

8. 天文学家R.P.基什纳完整地阐释了哈勃于1929年发表的报告的重要性，我们可以将其看作哈勃和赫马森共同努力的结果。Kirshner,R.P.,2004，Hubble’s diagram and cosmic expansion:Proceedings of the National Academy of Sciences,v.101,no.I，p.8–13.

9. Rees,M.J.,2003,Just six numbers:The deep forces that shape the universe，New York,Basic Books,176 p.

10. 大历史初期的最后一次事件发生在大爆炸开始之后的38万年左右。到了那个时候，宇宙的温度已经冷却到了这样的程度：能够将此前混合在一起的质子和电子——物理学家称其为等离子体——结合成电中性的氢原子。在此之前，光子不断地被带正电的质子和带负电的电子散射。在它们结合成中性原子之后，光可以无限期地传播，因此被称为“最后散射面”。在那一点上发射的光被哈勃-赫马森的宇宙膨胀扩展成无线电波，成为宇宙背景辐射的来源，是证明宇宙大爆炸的真实性的三个主要证据之一。

11. 如果用质量来衡量，大爆炸结束的时候，氦占宇宙正常物质的25%；如果用原子数量来衡量，大爆炸结束时，氦约占正常物质的10%。这还不包括暗物质，关于暗物质我们知之甚少。（Randall,L.,2015,Dark matter and the dinosaurs,New York,HarperCollins,412 p.）

12. 直到几年前，似乎热膨胀和重力之间的相互作用才是解释宇宙整体结构所需的全部内容。但是，最近发现的“暗能量”（dark energy）给宇宙学带来了一个奇妙的新谜团。在“暗能量”中，膨胀在加速，而不是在减速。

13. Lindberg,D.C.,1992,The beginnings of western science,Chicago,University of Chicago Press,p.287–290.

14. Tolstikhin,I.N.,and Kramers,D.,2008,The evolution of matter,Cambridge，UK,Cambridge University Press,521 p.;Hazen,R.M.,Papineau,D.，Bleeker,W.,Downs,R.T.,Ferry,J.M.,McCoy,T.J.,Sverjensky,D.A.，and Yang,H.,2008,Mineral evolution:American Mineralogist,v.93,no.11–12,p.1693–1720.

15. Walter,M.J.,and Trønnes,R.G.,2004,Early Earth differentiation:Earth and Planetary Science Letters，v.225,p.253–269.

16. “星云”（nebula）这个词的意思是犹如云状的星群，很久以前就被用来指夜空中任何看起来模糊的物体。现在我们知道，船底星云比蟹状星云大得多，它们的形成过程完全不同。

17. Canup,R.M.,2004,Dynamics of lunar formation:Annual Review of Astronomy and Astrophysics,v.42,p.441–475.

18. Comins,N.F.,2010,What if the Earth had two moons?,New York,St.Martin’s Press,288 p.

地球

第三章　来自地球的礼物

我们都是星尘……被地球聚集到一起

卡尔·萨根说，我们人类源自星尘。借助1980年的电视连续剧《宇宙》，这位著名的天文学家将科学带进了众人的生活。现在看起来，这部电视连续剧对大历史的早期进行了卓有成效的展示。萨根的观点是，除了三个最轻的化学元素——氢、氦和微量锂——所有化学元素都在恒星中搅和在一起，或者缓慢地呈现为核反应的副产物，使恒星发出光，或者突然在形成超新星的过程中发生巨大的恒星爆炸，将所有的新元素散落到宇宙空间里。在第二章中，我们重点讲解了恒星中的元素合成。

但对于像我这样有着地质学专业背景的大历史学家来说，萨根的表述是不完整的，甚至是有误导性的。我们的故事并不是以超新星结束的，因为那样的话，分散在星际空间的化学元素对于形成我们所知的世界将会毫无用处。我们可以想象一下，一艘宇宙飞船正在通往遥远的太阳系的航行轨道上，急需硅来制造计算机芯片。虽然宇宙飞船正在穿越因超新星爆炸而产生的弥漫气体，并且这些气体中包含硅原子，但是宇航员们依然没有办法获取并使用硅。[注]原子之间相距太远了。

然而，在地球上很容易就能找到可用浓度的硅。我们不难发现燧石结核（flint nodules）或沙滩上的沙粒，或晶体石英矿，所有这些都是由硅氧结合——二氧化硅——组成的。显然，在使硅成为对人类有用的元素方面地球起到了最基本的作用。我们在本章所要探讨的重点是，地球是如何做到这一点的，相信大历史学家们会修正卡尔·萨根关于“我们人类源自星尘”的观点，认识到我们是由星尘组成的，被地球聚集到一起。

地球如何使资源有用

由许多不同的元素混合在一起构成的地球是如何将这些元素分离开来，并把它们重新聚合起来，转化成对于我们人类有用的资源的？这是地球化学家——利用化学研究地球的地质学家——最关心的一个问题。在理解人类境况这方面，地球化学元素分类的历史主要有两个阶段，认识到这一点非常重要。第一个阶段发生在地球的初始时期，即地球还处于吸积期。这一阶段形成了我们地球的总体组成结构，地球的四大元素——氧、镁、硅、铁——是地球的主要成分，其他所有元素只占极少的比例，但是，所有的成分都混合在一起。

第二个阶段一直在进行，地球逐步整理和聚集元素。地球有很多方法来整理和聚集元素，其中一些方法相当复杂，所以，大历史学家们特别关注在概念上相对简单的核合成——在大爆炸和恒星运动中新元素的产生方式——也就不会令人感到惊讶了。本章将要对地球整理和聚集元素的几种方法进行探讨，用科学的论述展示地球的神奇功能。我们的重点是了解硅元素以及硅在人类历史上的重要作用。也许，我们可以认为，这是有关硅的“小大历史”。

如果我们一定要确定，在地球化学的诸多发现中，哪一次发现是最重要的，那么，随后我们谈到的可以说是地球化学诸多发现中当之无愧的一次重要发现。太阳系作为一个整体，从根本上说，其构成成分包括大量的氢、少量的氦，以及其他微量元素。它们是大爆炸时发生核合成以及后来恒星运动的结果。然而从另一方面来说，地球主要是由四种元素——氧、镁、硅和铁——以及许多其他微量元素构成的，其中构成宇宙和太阳系的最为关键的两个元素是氢和氦，而它们却并不是那么丰富。不知是什么原因，地球选择性地积累了太阳系中的一些稀有元素。让我们来看看，对这项伟大的地球化学发现，我们应该给出怎样的解释，并且它是如何影响大历史和人类境况的。

关于这四大主要元素，我们重点讨论一下硅，因为它是构成我们地球的大多数矿物质和岩石的主要成分。[注]正如碳是生命的基础，硅是岩石的基础。[注]从许多岩石上可以看出其沉积的过程，这一点尤其重要。地质学家们对岩石上的这些信息进行研究，做出科学的梳理。[注]这就是为什么我喜欢说，岩石“记住了”它们自己的历史。

关注硅的另一个原因是，硅在人类的出现以及人类逐步具备巨大技术实力的发展过程中起到了至关重要的作用。人类最早的工具可能是木头做的，遗憾的是，这些木头工具并没有保留下来，因而有据可查的人类最早的工具是石器，是用以硅为主要成分的岩石制成的。从最初的纯自然材质的工具逐渐发展到人造材料的工具的过程中，玻璃的出现尤为重要。玻璃材料主要来自熔化的富硅石英。最后要说明的是，我们的现代化高科技文明依赖于计算机芯片，而这些芯片是由硅以复杂的方式制成的。

为了搞清楚地球是如何聚合硅的，我们先来看看地球的原始吸积，正如我们在第二章中所讲到的，地球主要是由氧、镁、硅和铁构成的。

地球最欢迎的元素（也是人类最喜爱的元素）

我们回到地球的重要化学发现这个话题上，来看看这些问题。为什么太阳系主要由氢和氦构成，而我们地球的构成成分中占主导地位的则是形成岩石的元素——氧、镁、硅和铁？对此，我们应该如何解释？这一大规模的地球化学变化经历了什么样的过程？(注)

显然，我们正在寻找太阳系在发展初期的历史进程，因为今天没有任何大量的物质进入地球或者飞离地球，也没有任何迹象表明在有岩石记录的40亿年里发生了这种情况。然而，在太阳系的初始时期，亦即45亿年前，地球正在快速形成，从尘埃大小到行星大小的物体吸积并牢牢地聚集在一起。这就是说，在地球的形成过程中，显然有机会选择一些元素进行积累，同时排除其他一些元素。

那么，在这一过程中，哪些元素被排除在外了呢？许多元素在太阳系中实在太稀有了，根本没有机会成为地球的重要组成部分。(注)其他元素则主要呈气态——作为单原子或者由几个原子组成的原子团。新生成的太阳具有强大的威力，向外猛烈喷射大量粒子，将这些气态元素从地球在内太阳系所处的位置吹走；这些被吹走的气态元素堆积在距离地球更为遥远的巨大的气体行星——木星、土星、天王星和海王星之中。

哪些元素没有被排除？只有矿物质颗粒没有被排除。矿物质颗粒大到可以用肉眼看到，每个颗粒都含有大量的原子，足以抵抗来自太阳粒

子风暴（太阳风）的压力，并能够留在形成了地球的内太阳系中。这些矿物质颗粒主要由四大元素构成——硅、氧、镁和铁。(注)在这些主要元素中，最关键的是硅，因为硅的四个键允许它连接到巨大的原子网络上，形成矿物质颗粒。鉴于此，我们可以认为硅是地球最欢迎的元素。

既然我们把本章的重点放在讨论硅元素上，就有必要对硅元素做进一步的探讨。我们知道，硅元素最初是与氧、镁、铁以及其他一些微量元素成分混杂在一起的，那么，地球是如何将我们这个星球上的硅元素与其他元素分离开来并重新聚合，使之成为对我们人类有用的形式的？要知道，我们对硅的需求量是相当惊人的！我们人类有许多区别于其他动物的特征，其中包括能够使用复杂工具、人造材料和计算机。

工具的使用为我们带来了便利，我们可以靠工具完成那些靠双手和身体完成不了的工作，人造材料的使用让我们能够完成用自然材料无法完成的事情，而计算机能够实现的远远超出了我们靠大脑所能企及的目标。本章剩余的部分，我们将从三个方面——石器、玻璃和计算机芯片——讨论硅基的具体作用。所以说，硅不仅是地球最欢迎的元素之一，也是最为我们人类所喜爱的元素之一。接下来的问题是，地球是如何聚合硅的呢？

硅和石器

首先，我们来看看用硅制成的石器。今天，我们可用的工具真是千奇百怪！从简单的刀、锤、锯和螺丝刀，到比较复杂的工具，如小提琴和钢琴、客运列车、农业收割机、工业纺织机，再到绝对复杂的高科技精密仪器，如星际飞船、激光测距设备、全球定位系统接收器、计算机控制的3D打印机等，这几乎列举不尽的清单描绘了一个即使在100年前也难以想象的技术精湛的物种。

我们见过灵长类动物使用非常简单的工具，有时还能制造非常简单的工具；我们也见过有些鸟类会把身边的自然物体当作最原始的起辅助作用的工具。但是，能够制造和使用复杂工具的只有人类。这是人类境况的核心部分。要想更好地理解工具在我们人类生活中发挥的至关重要的作用，一个很好的方法是阅读丹尼尔·笛福1719年的经典小说《鲁滨孙飘流记》，主人公鲁滨孙是一位孤立无援的水手，要生存下来，取决

于他能从失事的船只上打捞出的工具——木工工具、钉子和一块磨刀石，武器和弹药，绳索、缆绳和帆布，剪刀、刀和叉，以及他自己靠这些工具能够加工出来的其他可用的用具。此外，我们还可以看看现代模拟实验：假如宇航员被困在火星上，无论发生什么意外，他都必须以最快的速度弄到能够使用的工具来进行自救。(注)

这种精湛技艺是何时出现的，又是如何出现的呢？遗憾的是，我们不太可能找到具体的例子证明这一过渡时期的变化，因为在那个时期，人们最有可能以木头为材料制作工具，而这种材料容易损毁、腐烂。但是，我们有足够的关于石器的记载。考古学家们喜欢把历史分为三个阶段，他们很早就根据考古挖掘中发现的工具种类，把人类的过去划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代。

最近在东非发现的、距今约250万年的石器被公认为最早的石器。这些石器显然出自能人（*Homo habilis*）之手——能人这一人类物种的名称本身就反映了其制造工具的能力。这些鹅卵石被人为地击碎形成锋利的边缘，以便用于切割。它们被称为奥杜瓦伊文化期工艺，以坦桑尼亚的奥杜瓦伊峡谷命名。但是我们现在知道，在肯尼亚一个叫洛迈奎（Lomekwi）的地方发现的石器更为古老，可以追溯到330万年前。(注)这些洛迈奎工具与非洲南方古猿（*Australopithecus afarensis*）属于同一时期。最著名的南方古猿化石被称作露西，因而，如果从人属（*Homo*）这个概念来看，这应该早于人类。

奥杜瓦伊文化期之后的石器显现出日趋成熟的制作工艺，一些石器造型美观、制作精巧，不仅实用，甚至堪称艺术品。看来，在过去的300万年里，人类大脑发育与工具制造能力极有可能以一种反馈回路的形式同步发展。(注)

所有这一切之所以成为可能，还要从岩石谈起。当一些岩石碎裂时，会形成坚硬的、锋利的边缘，牙齿不锋利、指甲不坚硬的人类学会利用这些边缘坚硬且锋利的石头来对付动物，而且这些石头比动物尖利的牙齿和爪子具有更强的切削能力。

研究石器的古人类学家尼克·托特（Nick Toth）和凯西·希克（Kathy Schick）在印第安纳大学创立了石器时代研究所，是大历史的先驱者之一。(注)他们是熟练的石器制作者和使用者，观看其中一位制作阿舍利文化手斧是令人赏心悦目的经历。阿舍利文化手斧是生活在大约150万年

前至50万年前的直立人使用的主要工具。尼克和凯西指出，由于人类没有锋利的牙齿和凶猛的爪子来抓捕和撕咬动物，所以早期人类依赖素食；而石器的使用，使得只能靠素食为生的早期人类开始食用高能量的肉类。石器使我们人类有能力猎杀比我们大的动物，也能抵御想以我们为食物的食肉动物。

大多数岩石在断裂时不会形成锋利的边缘，或许是由于岩石的质地太松软，难以形成边刃，所以人们无法用砂岩、石灰岩、花岗岩、石膏或岩盐来制作一件有用的工具。有两种最理想的材料可以用来做石器：一是被称作黑曜岩的火山玻璃，二是被称为燧石的沉积岩。黑曜岩虽然富含二氧化硅，但却罕见，所以，我们主要讨论燧石。燧石的成分几乎完全是纯度二氧化硅，并且相当普遍。那么，什么是燧石？燧石的结构极其独特，这一独特的结构是如何形成的？或者，接上我们本章的主题，地球是如何在燧石中聚合了二氧化硅的？

燧石通常在石灰岩中呈肿块状，这些肿块被称为结节。燧石和石灰岩的生物起源都是沉积岩。石灰岩由矿物质方解石［碳酸钙（$CaCO_3$）］构成，而燧石则是极细粒的石英［二氧化硅（SiO_2）］。从由软到硬排列的矿物硬度测值表（滑石、石膏、方解石、萤石、磷灰石、长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石）上可以看出，燧石比石灰岩更适合用来制作工具。

大多数海洋生物从海水中提取碳酸钙生成自身的壳，其中少数可提取二氧化硅的海绵动物和被称作放射虫的单细胞浮游生物是最重要的。大部分新沉积的石灰泥中含有少量零散的二氧化硅；但是，二氧化硅可以在松软的沉积物颗粒中被水溶解，然后聚合并沉积在易于发生化学反应的层面，形成河床或者燧石结节。我们的祖先非常珍视燧石，用它们来制造石器。现在，我们将要探讨的第一个问题，就是地球的硅聚合的反应过程。

英格兰南部著名的石器时代的巨石阵的建造和不断完善的工作用了大约800年的时间，那里的基岩石灰岩中有着极其丰富的优质燧石结节。巨石阵有助于我们充分认识到，硅在石器时代和今天一样重要，也许我们可以把巨石阵视为一个早期的硅谷。

正是因为地球制造了燧石，才有可能产生人类制造并使用石器的历史，而石器的制造和使用对于我们人类大脑的不断发育、智力的不断提高可能发挥了重要作用。地球具有生物和化学机制，可以将二氧化硅与

地球上的其他主要元素——铁、镁——以及其他次要元素分离，形成具有高纯度二氧化硅的燧石结节。正因为如此，我们人类才有了用来制造石器的材料。

用于制造玻璃和计算机的沙子

燧石有坚硬、锋利的边缘，是用来制造石器的材料，但它并不是制造石器的唯一材料——也可以用黑曜岩，这是一种源于火山的天然玻璃。由于熔融岩石冷却的速度太快，根本没有生成晶体的时间，这时便形成了黑曜岩。所以，人类很早就知道把自然形成的天然火山玻璃薄片当作工具来用；不仅如此，人类最终还学会了制造人造玻璃，并将其用于其他用途。玻璃制造技术似乎起源于古代的美索不达米亚或埃及，大约在同一时期，人们已经掌握了将铜与锡混合制造青铜的技术，有关这方面的内容我们将在第九章详细探讨。因此，玻璃和青铜的出现似乎标志着一个新的历史的开端：人类已经学会了制造越来越多的人造材料，并用这些非凡的人造材料制作种类繁多的工具。

现在，我们来想一想，玻璃都为我们做了些什么。玻璃窗使我们的房子、汽车、火车和飞机在白天有光，晚上有灯泡照明。我们用玻璃制作防水罐、瓶子和水杯，我们从镜子中能够看见自己，我们靠矫正镜片提高视力。我们借助望远镜、显微镜以及无数其他科学装置，更好地了解我们的世界。我们利用玻璃隔离高压电源线，生产光纤电缆，并且，我们利用玻璃制造出显示器和触摸屏。马赛克和彩色玻璃窗成就了一类伟大的艺术作品。

如今几乎所有的玻璃制作都是基于熔化并快速冷却二氧化硅，再添加少量的其他成分以便提高玻璃性能的工艺。在这本书中，我们的重点不是详细叙述如何制造玻璃，而是探讨地球如何聚合我们用于制造玻璃的二氧化硅这一问题。对这一问题的探讨有助于我们更进一步了解地球所具有的分离并聚合化学元素的高超能力，因为玻璃制造中使用的二氧化硅的聚合方式与制造石器的二氧化硅完全不同。地球的燧石储量并不是很丰富，但幸运的是，我们制造玻璃并不是依赖燧石结节。相反，在沙子这种地球上最古老、最常见的地质矿床中拥有大量的硅。

几千年来，石英的主要用途是制造玻璃，但现在它充当了另一个重要的角色。在21世纪初期，我们生活在一个新的硅时代。我们知道，硅

是我们这个地球自身构造的关键成分，曾经是石器时代的石器材料，现在成为计算机芯片至关重要的成分，而计算机芯片几乎渗透到我们的每一项现代技术之中，甚至渗透到我们的日常生活和文明之中。巨石阵这一古老的硅谷已经被加利福尼亚州的新硅谷以及世界其他地方的高科技中心取代。

硅元素很容易与氧结合，生成石英和其他硅酸盐矿物质，如橄榄石，因此，未结合的原生金属硅在自然界中几乎从未被发现过。但只有金属硅才能用于制造计算机芯片。因此，化学工程师们开发出了工业工艺，在沙子中去除二氧化硅里的氧，生成纯金属硅。这里所说的“纯”，意思是非常高的纯度——高达99.999999999%。

板块构造和地球如何生成石英

沙子主要或几乎完全是由小颗粒石英组成的。这是人类境况的一部分，任何一个曾经在沙滩上走过或穿过沙丘的人都不陌生。但是，当我们知道了地球是如何聚合元素时，最初一定会感到十分震惊，因为在地球的原始吸积过程中，没有办法生成石英。正如我们所看到的，地球在形成过程中，有聚合镁、铁、硅和氧的机制。我们可能会认为，丰富的硅和氧会形成大量的石英——二氧化硅，但事实并非如此。与之正相反，地球上的铁和镁异常丰富，它们与硅和氧结合，生成硅酸盐矿物质，而不是像橄榄石一样的石英矿物。

地球用了数十亿年的时间才形成储量巨大的石英矿床，石英可以用来制造玻璃和计算机芯片。石英的生成的确是一个令人不可思议的过程。在本书中，我会把它放在板块构造理论的框架之下进行探讨。这么安排是有风险的，会被认为对石英生成过程的讨论过于简单化。但是要知道，板块构造理论是20世纪六七十年代出现的地球大一统理论。因此，在这一框架之下对石英生成的讨论也可以作为对板块构造学的介绍，这将是下两章的中心内容。

“构造学”（tectonics）是对地球的大陆、海洋盆地和山脉的大规模地质特征进行研究的一门学问，它与“建筑”（architecture）的词根相同——这里指我们这个星球的建筑。一个“板块”是地球的一大块坚硬的外层，向下延伸约70英里。“板块”的上部有些地方是大陆地壳，有些地方是海洋地壳。从某种意义上来说，把这些“板块”称为“帽”可能更形象一

些，因为地球板块的确就像弧形的帽子，贴合在球形地球的顶部，但“板块”这个名称早已约定俗成了。大多数板块既包含大陆地壳，也包含海洋地壳，如北美洲板块包括北美大陆以及大西洋北部和中部的大约一半。

板块构造理论的核心是对板块的认识，即每一个板块从根本上来说是坚硬的，不会有太大的变形，但每一个板块相对于相邻的板块来说都是运动的，因此，地球表面的大部分变形都发生在“板块界线”。在被称作“转换断层”的第一类板块界线，一个板块水平滑过另一个板块，如加利福尼亚州圣安德烈亚斯一带发生的断层，这里的太平洋板块相对于北美洲板块正在向西北移动。尽管这类板块运动会有发生地震的危险，但它对于生成沙子几乎或者根本不起作用。然而，其他两类板块界线对于生成石英则起到了至关重要的作用。

第二类板块界线被称为“扩张脊”。在这类板块界线上，两个板块向相反的方向移动。例如，北美洲板块包括北大西洋海底的西半部，而欧亚板块则包括其东半部。板块界线沿着北大西洋中线移动，在那里，地球深层岩石的上升速度十分缓慢，而海底始终在扩张，由玄武岩构成的新的海洋地壳在中线地带不断生成，并添加到北美洲板块和欧亚板块上，就像两个传送带，向两个方向慢慢分离开来。这一观点最初是哈里·赫斯（Harry Hess）构想的，他是我在普林斯顿大学的论文指导老师。关于这些，我们将在第九章中做详细的探讨。[注]

虽然世界上的大部分扩张脊都在深海之中，但是仍然有一个地方，其扩张脊在海平面以上，那就是冰岛。冰岛有玄武岩流、玄武岩火山和断裂带。这座岛一直处于扩张状态，正在慢慢变宽。海洋地壳就是这样形成的。

第三类板块界线是“消减界线”。由于在扩张脊处不断形成新的海洋地壳，而地球不能变大，老的海洋地壳就必须被消除。所以，老的海洋地壳就要产生“俯冲”——下沉并返回到地幔的“消减界线”。俯冲下来的海洋地壳发生了一些变化——我们现在无法确定到底发生了什么，但是有一点我们是知道的，那就是，熔融岩石形成于俯冲下来的海洋地壳的上方，并从巨大的火山链中喷发出来，例如，南美洲西部的安第斯山脉以及俄勒冈州和华盛顿州的喀斯喀特山脉。

大陆随着板块的移动而移动，所以如果两个大陆之间的海洋地壳发

生俯冲，这两个大陆最终将聚集在一起，这就是“大陆碰撞”。但是由于大陆地壳具有浮力，其俯冲过程并不像海洋地壳那样以一种平滑的形式；其结果是，大陆碰撞的运动是缓慢的，但其程度却是剧烈的，这使两个大陆相互接触的最前端发生变形，从而形成了山脉。这就是阿巴拉契亚山脉和阿尔卑斯山脉等古老山脉的起源，我们将在第五章中详细叙述。大陆碰撞也是世界最雄伟高大的山脉——喜马拉雅山脉——的起源，它是夹在印度洋板块和欧亚板块这两块碰撞板块之间的。

我们对板块构造做了一个非常简要的概述。但是板块构造与地球生成石英的方式之间有什么关联吗？首先我们必须记住，岩石是固体，在地质时期变化很小。但是在两类板块的界线——俯冲地带和大陆碰撞地带——岩石受热熔化，形成熔融岩石，我们称作岩浆。当岩石熔化时，各种各样的变化都会发生。

我们把这一过程说得再简单一点，那就是，在变化过程中，有一个变化是这样的，随着岩浆冷却并凝固，最先固化的矿物质是致密矿物质。在这类致密矿物质中，二氧化硅含量很低。由于这类致密矿物质的密度高于岩浆，于是向下沉，而在剩下的岩浆中，二氧化硅的占比就变高了。当剩余的岩浆凝固后，形成的矿物质便富含二氧化硅，其含量比熔融之前要高。因此，板块构造过程就像正在工作的一座巨大的化学加工厂——或者更贴切地说，是两座巨大的化学加工厂——在这一过程中，岩石中的二氧化硅的含量变得越来越丰富。地球深层岩石的二氧化硅含量约为44%，海洋地壳的二氧化硅含量约为50%，俯冲带上方火山的二氧化硅含量约为60%，而在由大陆碰撞产生的花岗岩中，二氧化硅的含量约为75%。这最后一项的二氧化硅含量非常高，足够形成石英颗粒结晶，实际上，花岗岩通常含有约三分之一的石英。

现在我们有了石英晶体，但是它们却在坚硬的花岗岩里面，从表面根本看不到。那么，地球是如何把石英晶体从坚硬的花岗岩中弄出来的，又是如何将它们变成纯石英的？

以我们人类的寿命来看，也就是几十年的时间，或者甚至从整个人类历史的角度来看，山脉似乎是永恒的自然景观。但是从地质学的角度来看，山脉只是短暂的存在。它们开始形成并缓慢地增加高度，然后它们开始逐渐变得平缓，被一点点地侵蚀掉。经过这样一个发展过程，到了最后，甚至都难以看出它们曾经是山脉，或者根本就没有一点山脉的迹象。即使是山体很深的山脉，在慢慢地上升到地表的过程中，也会受到侵蚀，大量花岗岩裸露出来。因此，花岗岩是一种常见的岩石，花岗

岩可以让我们看到古老山脉的走向。从这一点上来说，板块构造在石英的生成中的作用才宣告完成。

到了这一时间节点上，该是风化作用大显身手纯化石英的时候了。地球表面的化学风化作用与土壤的形成机制相同。在土壤酸性风化过程中，除石英之外，花岗岩中所有的矿物质都会在受到腐蚀后转化为黏土，特别是在炎热、潮湿的气候条件下，由于花岗岩中的这些矿物质在地球表面不具有化学稳定性，因此更容易完成这种转化过程。黏土矿物质是非常微小的颗粒，很容易被水和风带走，而留下来的便是石英了。石英的颗粒极具稳定性，几乎可以持久地保存在沙丘、河道和海滩上。随着时间的推移，大自然将这些沙子沉积在岩石中，称为砂岩。最纯的砂岩的二氧化硅含量几乎达到100%，它们是最纯净的石英。

因此，板块构造经历了不同的过程，伴随着强烈的风化作用，地球完成了在这个原本没有石英的星球上生成石英的工作。地球生成的石英砂岩，储量之大可谓惊人。5.3亿年前到4.4亿年前，覆盖北非和阿拉伯的一大片砂岩足以将包括阿拉斯加在内的美国埋在一英里深的石英颗粒中！[注]现在，在世界许多地方，人类在这些辽阔的砂矿床上开采石英，用于制造玻璃和计算机芯片。[注]

地球资源与人类境况

我们已经看到，地球经过不同的变化过程积累二氧化硅，我们因此才能够用它来制造石器、玻璃和计算机芯片。但是，对于我们这个拥有一系列完善机制的地球来说，积累的二氧化硅仅仅是地球生成的各种各样资源的一种；因为，地球靠着其完善的机制形成了极其丰富的、可供人类利用的资源。几乎每一种化学元素都以一种或多种方式通过地球运作而变得丰富。然而，地球的元素和资源分布不均，像化石燃料——不同的资源集中在地球表面的不同地区。这对人类境况和人类历史产生了巨大的影响。

目前，石油的分布极其不均衡，这对经济、政治和国际关系产生了重要的影响，而这也是未来的人类历史进程中人类依然要关注的。石油资源丰富的地区，如中东的部分地区，那里的人民既是自然财富的受益者，同时又是其受害者。反过来说，石油资源贫乏的地区亦是如此，只

是形式各不相同；这些地区的人民既要承受石油资源匮乏带来的困难，但同时也因此受益。夏威夷岛是由不含石英的玄武岩构成的，但是撒哈拉沙漠则蕴含丰富的石英。然而，石英有各种不同的种类，尽管撒哈拉沙漠国家拥有丰富的沙丘，但却必须从非洲北部国家的冰川沉积地区进口有棱有角的沙石，因为沙漠地区沙丘上呈圆形颗粒状的沙子是不能用作喷砂的！

从大历史的角度来看，我们可以得出这样的结论，不仅仅我们是星尘，被地球聚合到一起，而且那些不规则分布的自然资源的聚合也是地球的杰作，它们在人类历史的发展道路上起到了举足轻重的作用。制造石器的燧石、金银等贵重金属和化石燃料等宝贵的自然资源的生成模式从另一个关键方面暗示了人类境况——财富及其在国家间和人与人之间的不均等。[注]地质历史产生了这些不规律的生成模式，虽然它不能解释人类历史中所有经济方面的问题，但它至少已经成为并且还将一直是影响人类经济史的一个主要因素。

1. 本章中使用的三个术语可能会产生混淆：“硅”（Silicon）是指周期表第14族元素，符号为Si；“二氧化硅”（Silica）是一种晶体，带有两个氧原子和一个硅原子，符号为SiO_2，是矿物石英的分子式；“硅酸盐”（Silicate）是指含有硅和氧的矿物质，如橄榄石（Mg_2SiO_4），其基本结构为“硅酸盐四面体”，带有单个的小硅原子，并且这个小硅原子被呈四面体排列的四个大氧原子包围着。［“硅胶”（Silicone）是由硅、氧、碳和氢合成的人造材料，它不是地球上的物质，与我们所要讲的内容无关。］

2. 每一种矿物质都有其独特的分子式，它们以颗粒的形式出现，凝聚在一起形成岩石。我们来做一个恰当的类比：岩石就像一块水果蛋糕，矿物质则像水果蛋糕里面的水果、坚果和蛋糕。由于大多数矿物质都很难发生改变，所以由矿物质构成的岩石也是如此。

3. 一开始的时候，认为硅是岩石的基础，而碳是生命的基础，这似乎会令人惊讶。在元素周期表中，碳正好在硅的上面。两者都与相邻的原子形成了四种化学键，这种相似性促使科幻小说的作家设想基于硅的生命，但事实并非如此。［《星际迷航》（Star Trek）中的一集《黑暗中的魔鬼》，就是一个将硅视为生命基础的科幻作品的典型例子，可以在网上找到。别相信它！硅是岩石的基础，而不是其他生命的基础。］我们形成这种概念的原因是，碳是一种多用途元素，它与氢、氧、氮、硫和其他碳原子结合，既有单键又有双键，而且很容易改变它所结合的原子。这种多功能性使它成为复杂结构和生命动态过程的完美基础。相比之下，硅更倾向于跟氧键合，形成很强的单键而不是双键。这是形成持久的矿物质所必需的，如大陆地壳中富含的石英（SiO_2），以及在地球深处的地幔中占主导地位的橄榄石。

4. 火成岩记录下它们从中结晶的熔融岩浆的温度、压力和化学成分。沉积岩记录下它们的沉积过程——河流、风或冰川的运动。变质岩记录下使它们变形的应力，以及它们重新结晶成新矿物质的温度和压力。地质学家们已经发明了许多方法，可以从岩石中提取这些历史信息，并将其编译，便于对我们这个星球的历史形成更为深刻的理解。因此，地质学家们有一句箴言：“岩石是一部完整的关于地球历史的书。”

5. 这个问题可以在一本精彩的小书里找到详细的答案:Broecker，W.S.,1985，How to build a habitable planet,Palisades,N.Y.,Eldigio Press,291 p.；修订版：Langmuir,C.H.,and Broecker,W.,2012,How to build a habitable planet:The story of Earth from the Big Bang to humankind，Princeton,Princeton University Press,718 p.;and in Chapter 11 of Gill,R.,2015,Chemical fundamentals of geology and environmental science,3rd ed.,Chichester,UK,Wiley,267 p.

6. 这些稀有元素包括锂、铍、硼和大多数质子数为奇数的元素，以及几乎所有的重元素。

7. 硅使这些大矿物颗粒成为可能，因为它有四处可以与另一个原子结合。每一个键都倾向于与一个能形成两个键的氧元素相连接。因此，巨大的网键在扩大，每一个硅被四个氧包围，每一个氧连接两个硅，还有少量其他元素加入——主要是镁和铁。这些网键被称为硅酸盐矿物，除了铁核以外，它们几乎是整个地球的基础。无论硅酸盐矿物颗粒有多大，总是有硅原子和氧原子在其边缘，等待着抓住更多的氧和硅。因此，硅酸盐颗粒可以任意变大，除非它们是颗粒的集合体——一块岩石，并进入另一个正在生长的颗粒。

8. Weir,A.,2011,The Martian,New York,Broadway Books,369 p.,adapted as a motion picture,2015.

9. Harmand,S.,Lewis,J.E.,Feibel,C.S.,Lepre,C.J.,Prat,S.,Lenoble，A.,Boes,X.,Quinn,R.L.,Brenet,M.,Arroyo,A.,Taylor,N.,Clement，S.,Daver,G.,Brugal,J.-P.,Leakey,L.,Mortlock,R.A.,Wright,J.D.，Lokorodi,S.,Kirwa,C.,Kent,D.V.,and Roche,H.,2015,3.3-million-yearold stone tools from Lomekwi 3,West Turkana,Kenya:Nature,v.521,no.7552,p.310–315.

10. Toth,N.,and Schick,K.,2010,Hominin brain reorganization,technological change,and cognitive complexity,in Broadfield,D.,Yuan,M.,Schick,K.，and Toth,N.,eds.,The human brain evolving:Papers in honor of Ralph L.Holloway:Gosport,Ind.,Stone Age Institute Press,p.293–312.

11. 尼克和凯西策划了非凡的大历史博物馆展览“从大爆炸到万维网”（From the Big Bang to the World Wide Web），我们可以在网站http://www.bigbang toww.org上观看。

12. Hess,H.H.,1960,The evolution of ocean basins (preprint):Princeton University，Department of Geology;Hess,H.H.,1962,History of ocean basins,in Engel,A.E.J.,James,H.L.,and Leonard,B.F.,eds.,Petrologic studies:A volume in honor of A.F.Buddington:Geological Society of America,p.599–620.

13. Burke,K.,McGregor,D.S.,and Cameron,N.R.,2003,African petroleum systems:Four tectonic aces in the past 600 million years:Geological Society of London Special Publication,v.207,p.21–60.书中估计，北非—阿拉伯寒武-奥陶纪砂岩的体积为1500±500立方千米，而包括阿拉斯加在内的美国的面积只有约1000万平方千米。

14. 伊利诺伊州的一个大型采石场，从距今约4.6亿年至4.55亿年的奥陶纪沉积物中提取沙子，用于制造玻璃。打开必应地图或者谷歌卫星地图，在北纬41°20.529'、西经88°52.636'处可以看到。

15. Acemoglu,D.,and Robinson,J.A.,2012,Why nations fail,New York,Crown Publishers,529 p.

第四章　一个有大陆和海洋的行星

人类境况中的水域和陆地

在1968年的平安夜，人类第一次乘坐宇宙飞船离开地球，绕月球飞行。宇航员望着宇宙飞船下面的月球，月球表面的荒凉和毫无生气与生机盎然的地球形成了鲜明的对比，这令他们十分震惊。他们通过无线电波将《圣经·创世记》中的一段话传回地球：“起初神创造天地……神看着是好的。”通过他们传回来的图像，我们人类第一次看到，月球是一个根本就没有水的地方。与月球相反，我们生活在一个水源充足的星球上。这是人类境况绝对不可缺少的基础条件，因为没有水就没有人类，也没有任何生命；那样的话，地球也只不过是另一个毫无生命的物体，在茫茫太空中沿着自己的轨迹运行，与水星、金星和月球别无二致。

然而，我们的地球不仅仅是一个水源充足的星球，它还有大陆——幅员辽阔的陆地以及岛屿，而这也是人类境况不可或缺的一个组成部分，因为我们人类是陆地动物。也许，一个没有陆地的星球有可能孕育出跟我们人类一样有智慧的动物，但是我们很难想象它们在像海水一样具有腐蚀性的环境中会制造出跟我们人类一样的工具，建造跟我们人类一样的城市，拥有跟我们人类一样的电子通信设施。作为陆地生物，我们人类生活在几个大陆板块和众多岛屿上，并且，在人类历史的发展过程中，大陆和海洋的地理构造一直起着决定性作用。

王国、帝国和共和国始终是人类历史发展的主要表现形式，大陆地理勾勒出它们的模式和规模。在人类历史的发展过程中，大陆地貌和气候一直制约着人类的居住模式、生活方式，以及人类之间相互交流的渠道。地球上各个大陆上的资源分布并不均衡。在人类历史上，错综复杂的大陆像一块巨大的棋盘，人类之间的战争时有发生。海洋地理为人类提供了探险、贸易和迁徙的海上航线，同时，海洋也为人类之间时有发生的海战提供了巨大的战场。

如果我们追溯到人类更为久远的历史，就会发现，我们人类这个物种最初出现在非洲这块孤立的热带大陆上，而我们人类的本性——无论

是好的方面还是不好的方面——都与人类的这一起源有着千丝万缕的关联。大约在6万年前，当我们的祖先离开非洲大陆的时候，他们的迁徙路线就受到地球上陆地和海洋的地理格局的限制。很明显，有两个途径可以走出非洲：一个途径是穿过西奈半岛，西奈半岛犹如通往中东地区的桥梁；另一个途径是从红海的最南端穿过狭窄的海峡，到达阿拉伯。这里，在两块陆地中间形成的“壕沟”之所以这么狭窄——比今天我们看到的红海海峡还要窄——是因为那个时候在加拿大和斯堪的纳维亚形成的冰川将大量的海水“锁住”，导致海平面降低。冰川导致的海平面降低也使得亚洲人能够到达美洲大陆，成为那里最早的居民。随着人类逐渐在世界各地扩散开来，有人类居住的区域顺着沿海平原和河谷形成脉络，然而，山脉阻断了人类居住的脉络。

大陆的整体形状也是很重要的因素。贾雷德·戴蒙德在《枪炮、病菌与钢铁》这本书中指出：欧亚大陆的东西向延伸和美洲大陆的南北排列，对于这两大区域的国家以及人民生活都产生了重大影响。而在1492年之后，欧洲人与美洲人开始有了接触，两大洲人民的相互接触给世界的发展带来了巨大的影响。注很明显，在几十年甚至几个世纪的时间里，在由大陆、海洋和岛屿构成的地理环境中，两大洲之间的接触，伴随着各种暴力、破坏和疾病，一直在不断发生。

当然，历史对于大陆和海洋地理的依赖并不是一个新概念。历史学家以及其他专业的学者在审视和探讨地理问题的时候，总是会想到这一点，并予以关注。但是，人类历史极其短暂——几千年，至多几十万年的时间，在此期间地理环境相对而言比较稳定，基本上没有大的变化。在这段时间里，冰期去去来来，结果要么是海平面上升，海岸线向陆地后退，峡湾被淹没，要么是海平面下降，海湾被淤塞。但是，与在几千万年甚至几亿年的时间尺度上发生的巨大的地质变化相比，在有人类历史的这段时间里，大陆和海洋的基本格局并没有发生显著的变化。

大历史知识为我们提供了一个全新的、广阔的观察视角，然而，许多人对这一观察视角并不熟悉。我们知道，地质历史要比有文字记载的历史长得多，超出100万倍。纵观地质历史，大陆板块排列发生了根本性的变化，而对于我们来说，几亿年或几十亿年前的大陆板块排列绝对是难以辨认的。自从有了人类历史，大陆地质结构的变化才有了系统的概念。人类见证了大陆板块的变化。如果把人类历史在地图上展开，就像电影中的一帧帧画面，各个大陆板块在地球表面极其缓慢地游移；与此同时，这些板块的结构和样貌始终在发生着变化。有时，这些大陆板

块聚集在一起，形成巨大的超大陆；有时，它们分离开来，形成独立的大陆板块，其格局就跟我们今天看到的一样。

在开始研究古代世界的版图之前，我们还是有必要先来了解一下什么是时间尺度。我们会看到这样的版图，所显示的是2亿年前和7亿年前的地质结构图。当我们在观察这一结构图的时候，我们首先遇到的难题是，我们应该如何理解这些时间概念，因为这些过去的时间漫长得让我们难以想象。为了更好地理解这些时间概念，让我们先来了解一下地质学家们是如何看待时间的：有文字记载的人类历史可以追溯到5000年前，但地球历史却足足可以追溯到大约50亿年前。因此，地球历史的尺度是人类历史的100万倍。

为了更好地理解地质年代，我们来看看地质学家们给出的一个比喻：我们首先设定，500万年的地球历史就像有文字的历史的5年，这就把时间拉得离我们现在近了很多。我们知道，6600万年前恐龙灭绝；如果用地质学家们的方法，那么，6600万年前就相当于人类历史的66年前。这样来计算时间，大多数人就能记住了。化石形成的最早记录大约在5亿年前，远古地球历史的5亿年前不过就相当于人类历史的500年前，即文艺复兴时期。很显然，地质学家们提供的这种方法简单明了，有助于我们在讨论星球历史时弄清楚时间概念。

葡萄牙、西班牙以及大陆与海洋地图绘制

21世纪是科学技术高度发达的时代，我们已经准确无误地知道所有陆地和岛屿的海岸线；不仅如此，我们还可以通过卫星图像对所有的海岸线进行精确的检测，甚至可以将卫星图像放大，观察每一处海岸线上的树木和灌木。在这样一个卫星图像时代，不存在地理上的秘密或神秘。然而，在此之前，情况却并非如此。

6个世纪以前，人们对于陆地和岛屿的形状和位置的认识极其有限，也不可靠。在中世纪早期，人们对于其生存环境之外的描述主要基于传说，或者神话故事。(注)到了中世纪晚期，阿拉伯旅行家——如伊本·白图泰等——周游了疆域广大的伊斯兰世界，对所到之处的山川河流以及风土人情都做了翔实的描述；马可·波罗穿越亚洲，进行了一次漫长的旅程。尽管如此，当时的旅行家们也并没有绘制出精确的地图。

关于海岸线的唯一定量信息来自克罗蒂斯·托勒密的《地理学》[注]，书中有测量纬度和估算经度的列表。这本书编纂于1000多年前，书中有许多严重的错误。尽管如此，也很难想象1000多年前就有人能够编纂出这样的书，但是，托勒密做到了。到了15世纪，旅行者们讲述的故事以及古老的权威开始被人类目标明确的探索以及更为精确的位置测量所取代。

15世纪初期，在中国的明朝，朝廷派遣了庞大的航海舰队远航印度洋，也许是为了建立外交关系，也许还有海上探险的目的。但是，令人感到费解的是，不知道出于什么原因，大概是在1425年[注]，中国人放弃了海上探险，转而向内发展。于是，就在那个时期，海上探险的任务就留给了贫穷的小国葡萄牙。葡萄牙位于伊比利亚半岛最遥远的边缘，这里是欧洲偏远落后的地方。葡萄牙开始了一系列海上探险活动，最终将世界联系在一起。[注]

那么，为什么是葡萄牙扛下海上探险的重任？葡萄牙面对大西洋，与葡萄牙敌对的卡斯提尔将其与欧洲其他国家隔开，卡斯提尔后来成为西班牙的统治力量。当时的葡萄牙并未参与法国、英国和西班牙王国之间的战争。[注]相反，正是海上探险，为葡萄牙人提供了机会，使十字军精神得以发扬，而十字军精神使得那个时代充满活力。或许更为重要的是，其海上探险得到了一位非凡的、高深莫测的天才唐·亨里克的大力推动，亨里克在英国被称为航海家亨利王子（Prince Henry the Navigator）。[注]

我们无法完全搞清楚航海家亨利王子的动机，或许是为了满足自己对黄金的欲望，或许是为了包抄北非的穆斯林，或许是想与传说中的基督教国王——祭司王约翰（Prester John）——联系，或许是为皈依基督教寻找灵魂的依据，但是不管怎么说，正是他利用在他控制下的一个宗教骑士团的资金，派遣了一支由他的扈从们组成的船队，乘坐名为卡拉维尔的小船开始了海上探险。他们奉命沿着非洲海岸一直向南航行。这是一次漫长的航海过程。1434年，探险家吉尔·埃亚内斯（Gil Eannes）穿过博哈多尔角；那个时候欧洲人已经知道博哈多尔角，他们认为那是非洲海岸的最南端。1444年，船队首次到达了佛得角；在那里，撒哈拉沙漠让位于丰富的赤道植被。1471年，在航海家亨利王子逝世10年后，船队到达了埃尔米纳；埃尔米纳位于西非，有着丰富的黄金矿藏。1488年，船队到达了好望角。之后，船队继续航行，于1498年到达了印度。

至此，葡萄牙人在绘制大陆和海洋地图方面取得了惊人的进展。

历史学家们可以记录葡萄牙的航海过程，科学家们可以欣赏葡萄牙海上探险的发现。但是，在当今的卫星图像时代，我们很难想象，在充斥不容置疑的宗教信仰和迷信恐怖的时代，乘坐设备简陋的小船，驶入令人恐惧的未知世界，会是一种什么样的情感体验。我觉得，我们可以通过阅读塞缪尔·泰勒·柯勒律治18世纪晚期的一首诗——《古舟子咏》（又译《老水手之歌》，*The Rime of the Ancient Mariner*）——寻找这种体验。历史的准确性和地理的精确性都不是这首诗所要表达的重点；然而，在这首诗中，早期航海中的信仰、迷信和恐怖经历却历历在目：

深不可测的大海在腐烂，啊，上帝！

这景象实在令人心生畏惧！

瞧，这些长着腿的黏滑的东西，

在黏滑的海面上爬来爬去。

踉踉跄跄，摇摇晃晃，

死亡之火在夜色中跳舞；

海水，犹如女巫的毒油，

燃着绿的、蓝的和白的幽光。

有人言之凿凿，说在睡梦中看清

给我们带来如此灾难的精灵；

他来自那冰封雾锁的地方，

在九英寻[注]的水下恶意地如影随形。[注]

1492年，哥伦布偶然发现了美洲大陆；至此，西班牙人才加入海上

探险的行列。与人们通常的看法相反，哥伦布并没有证明世界是球形的——这一点学者们早就论述得清清楚楚。曾经传说，他在萨拉曼卡大学与那些认为地球是平的教授争辩，为地球是球形的这一说法辩护；其实，这个故事完全是错误的。(注)哥伦布在学术上的主要贡献是，他错误地认为，地球的直径远小于正确数值；当时，葡萄牙人和萨拉曼卡的教授们对地球直径已有正确认识。这个错误让哥伦布相信，他可以通过向西航行到达亚洲，而对他的观点提出批评的学者们知道，这是荒谬的。唯一拯救了哥伦布的是美洲大陆的意外出现，这恰好证明了科学家们对这一发现的认识——有时，好运气远比聪明更重要。

在哥伦布开启的100年里，西班牙人和葡萄牙人探索了许多欧洲人以前不知道的大陆和海洋，全球地图也在形成。但人类付出的代价是骇人听闻的，像天花这样致命的瘟疫夺去了美洲大部分原住民的生命，像梅毒这样可怕的疾病在欧洲大暴发。疾病和传染病使得人力成本高得惊人，大量非洲奴隶被运到美洲。欧洲国家征服了美洲，随后征服了世界其他地区，这些国家发现并积累了大量的金银财富，变得富有，而以前在文化上占主导地位的伊斯兰世界及印度、中国变得落后了。现在，我们仍然生活在海上探险带来的成果之中，并且一直在努力地将海上探险给我们带来的好处应用到极致。很明显，对人类境况来说，美洲大陆的发现具有重要的历史意义。正是地质历史赋予了我们发现这块大陆的机遇，使得亚洲人早在欧洲人到来之前，就来到这片大陆上繁衍生息。

法国历史学家费尔南·布罗代尔（Fernand Braudel）是当时很有影响力的年鉴学派领军人物。1949年，布罗代尔出版了他的代表作《腓力二世时代的地中海和地中海世界》。(注)布罗代尔断然否定了将历史仅仅看作一系列人类事件的概念——一直以来，历史被称为“仅仅是一件接着一件的该死事件的罗列”。他坚持认为，历史学家们应该站在长远——“长时段”——的角度看待问题，首先对地中海地理要有详细的了解，了解它对人类历史的控制和影响。因此，他的两卷本巨著的第一卷以及第二卷的一半都是为腓力二世这位伟大的西班牙国王的统治而创作的。

在充分考虑地中海地质历史的基础上，布罗代尔似乎已经画出了产生地中海地貌景观的轮廓，但是坦率地说，他那个时代关于地中海的知识还不足以令人对地中海产生兴趣。我们只能遗憾地说，布罗代尔的著作出版得早了一些。当时的地质学家们还不知道大陆漂移和板块构造，也完全不了解形成地中海、伊比利亚半岛以及全球大陆的整体格局这些

具有重大意义的地质历史。[注]只是在近几年，地质方面发生的大事记才成为人们关注的焦点。所以可以这样说，布罗代尔的著作如果晚50年出版，我在本章中所要讲述的内容，可能就会是他在他的书中写出来的东西。

大陆漂移的颠覆性发现

就我们人类来说，一个人的一生至多持续一个世纪，在这一个世纪中，我们几乎察觉不到地质的变化，我们很自然地把物理世界看作固定的、永恒的，而在这个物理世界中，我们的生命在延续，我们在书写着历史。但是，自17世纪意大利地质学家尼古拉斯·斯坦诺（Nicolaus Steno）开始，地质学家们逐渐意识到，在漫长的时间跨度中，物理世界发生了巨大的变化——山脉在缓慢地上升，随后又逐渐被侵蚀掉。[注]

然而，具有讽刺意味的是，长期以来，地质学家们都认为，大陆和海洋盆地是地球表面的永久特征。山脉虽然会慢慢升高，然后再逐渐消失，但是，形成山脉的大陆却并没有移动。地质学家们发现了大量痕迹，显示出大陆板块的垂直运动，比如山顶上的浅水化石，但是，他们并没有发现能够显示大陆板块大规模水平运动的痕迹。由此，他们得出结论，认为没有发生过像大陆漂移这样的水平运动。今天，我们回过头来看，会发现这显然是一个逻辑错误，因为缺乏证据并不是不存在证据。

然而，事实上，南美洲和非洲海岸线有着显著的契合痕迹，这说明，大陆板块的确存在着大规模的水平运动。如果这两个大陆曾经是相邻的，那么从那时起，它们就已经开始各自反方向漂移，逐渐相距几千英里。正是葡萄牙和西班牙探险家们首先来到这些海岸线。早在1502年，葡萄牙人绘制了坎迪诺平面球形地图。从这幅地图上，我们可以看到巴西的凹处与非洲大陆的契合。而到了1570年，沿着大西洋海岸的契合度已经很清晰。也正是在1570年，佛拉芒制图师亚伯拉罕·奥特柳斯绘制了一幅地图，明确标出了海岸线的契合，并且认为：“美洲……没有沉没……倒不如说是地震和洪水导致这块大陆与欧洲和非洲分离。”[注]令我感到惊讶的是，在旧世界的人们开始绘制新世界地图不到一个世纪的时间里，奥特柳斯就已经绘制出了新的地图，并得出了如此精彩的结论！

1912年，德国气象学家阿尔弗雷德·魏格纳从研究海岸线的契合着手，提出了一个详细的大陆漂移理论。他将大陆板块重新组合，形成“泛大陆”，意思是“所有的陆地”。同时，他阐释了许多地质特征案例，说明在泛大陆地图上，现在业已分离的大陆当时是相连的——这就好比做拼图游戏，要把每一块拼图放在适合的位置，拼成一幅图画。然而，到了20世纪20年代末，地质学家们对魏格纳的大陆漂移学说进行了评估，并且否定了大陆漂移的证据和理论；其主要原因是，没有人能够提出产生大陆漂移的机制。地质学家们重回到没有大陆漂移的学说中，因为这种学说令他们感到安全和可信。

在魏格纳逝世30年后，他提出的有关大陆漂移的证据和理论终于得到承认。第二次世界大战期间以及战后的海洋研究明确显示，从地质学的角度来看，海洋要比大陆的构造简单得多。这意味着，海洋产生的时间在地质学上来看比大陆要晚许多。普林斯顿地质学家哈里·赫斯从1960年开启了板块构造理论的革命。他提出，随着大陆的分离产生了新的洋底，并不断扩大，从而解释了为什么海洋要比大陆生成的时间晚，以及为何海洋在地质学上要简单得多。在整个20世纪60年代和70年代，随着一次又一次振奋人心的发现，赫斯的海底扩张学说得以发展和完善，成为更广泛和更权威的板块构造理论。在板块构造中，大陆被看作在十几个“板块”上，相对于它的近邻漂移，板块界线将它们隔开。正如我们在第三章中所谈到的，板块界线在发生变化，比如在大西洋中脊；在安第斯山脉这样的消减界线上，板块在下潜——沉入地球深处的地幔中，而后在加利福尼亚的圣安德烈亚斯断层这样的转换界线处擦肩而过。这一理论现在被地质学家们普遍接受，他们已经认识到，如果不依据板块构造理论，地球在地质学上就毫无意义。

我师从哈里·赫斯，是他在普林斯顿大学时的最后几位研究生之一。虽然我对发展板块构造理论没有做出什么贡献，但是我却经历了这场科学革命。我看到，随着一次次令人惊叹的地质发现，一块又一块的拼图被放置到正确的位置，所有这些都毫无疑问地证明了大陆在漂移。人类智慧的大爆发令人兴奋、令人窒息，所有这些给我留下了深刻的印象。这是一场全方位的科学革命，任何一位经历过这场革命的地质学家都不会忘记它。

地球历史的周期

大历史带给我们的一大乐趣是，它让我们站在现在的角度回溯过去，逆向思考过去的一切以及历史特征。这是一个难能可贵的方式，是那些从事专业细节研究的地质学家、古生物学家、考古学家、天文学家和历史学家无法做到的研究方式。在本书的最后一章，我们将系统地讨论历史是如何展开的，而我们对于板块构造理论的认知使我们对这一问题事先有了一些了解。

有时，历史会被认为是长期趋势与重复模式之间的相互作用。史蒂文·杰伊·古尔德（Steven Jay Gould）将长期趋势称为时间的箭头，将重复模式称为时间的循环。[注]时间的箭头在地球历史的许多方面都是显而易见的，并且，在板块构造中，我们注意到一个明显的趋势，大陆地质学变得越来越复杂。在山脉的构造过程中，岩石发生变形，有时几乎面目全非，产生极高的温度，甚至发生熔融，在地表造成火山爆发，在地下形成花岗岩。地质学家在从事地质工作时的一个特殊的挑战和乐趣是，对山脉及其岩石进行研究，从中找出产生岩石变化的各种序列。随着时间的推移，年轻的山体结构逐渐变成古老的山脉，在45亿年之后，这种趋势所积累的结果是大陆的地质复杂性，而对于地质学家来说，这将是持续的挑战，并能带来更大的愉悦。

地质学家们已经习惯了大陆的地质复杂性，所以，在20世纪60年代，他们发现海洋盆地的地质非常简单，这的确令人感到惊讶。渐渐地，地质学家们搞清楚了，原来这是“时间的循环”的结果。当一块大陆断裂成两块并慢慢分离，在它们之间会形成一个新的海洋，从零开启了这个新海洋的历史。随着时间的推移，这个新的海洋就会俯冲到地球深处。这一完整的海洋生成与消亡的循环过程一次又一次地重复着，没有哪一处的海洋会持续足够长的时间，使其在地质结构上变得非常复杂。

事实上，从板块构造的历史中，我们可以识别出三种不同的循环模式。最具局部性特征的是地质旋回，地质学家们对这种循环模式的了解已经有两个世纪了。在地质旋回中，山脉被构造，又被侵蚀掉，而在其他地方又形成了新的山脉。在任何特定的地方，我们都能够从岩石构造上观察到地质旋回；并且，早在人们知道板块构造理论之前，地质旋回就已经是非常明显的了。[注]

现在，根据板块构造理论，我们认识到，地质旋回是海洋盆地扩展和闭合的表现形式——一种基本的历史模式，我们称作威尔逊旋回，以此纪念加拿大地质学家J.T.威尔逊（J.T.Wilson），是他首先提出了这一

模式。[注]一个新的海洋盆地的扩展构造出两个新大陆边缘，在那里可以沉积厚厚的沉积物。后来，海洋盆地发生俯冲，大陆边缘发生碰撞，导致新的沉积物变形，并向上推升，形成一座山脉；再后来，山脉被慢慢侵蚀掉，而在其他地方，一个更年轻的海洋盆地最终将开始新一轮的旋回。

然而现在，回溯历史，在最广泛的背景下逆向思考威尔逊旋回，地质学家们发现，它是一个更广泛的超大陆旋回的一部分。在超大陆旋回中，有时大陆碎片在地球上分散开来，像今天我们看到的大陆板块结构一样；有时大部分或全部大陆地壳聚集在一起，形成一个超大陆。形成时间离我们最近的一次超大陆，我们称作泛大陆。

今天，热门研究集中在了解地球历史上发生的几次超大陆旋回上。[注]相当有说服力的证据表明，在泛大陆之前，有过一个更加古老的超大陆，我们称作罗迪尼亚超大陆。在这个超大陆的聚合和分离过程中，的确有着令人非常惊讶，甚至令人窒息的地质变化经过。[注]如果我们继续向远古回溯，可以说，甚至还有一个或两个更为古老的超大陆的模糊迹象。地质学家们对他们正在发现的超大陆历史极其着迷，而事实上，他们却很少花时间去探索超大陆历史对人类历史产生的影响。所以现在，让我们来探索一下，超大陆对人类历史到底产生了怎样的影响。本着大历史的研究宗旨，遵循费尔南·布罗代尔的研究方式，我们将超大陆旋回与葡萄牙和西班牙的海上探险联系起来，这会是一件十分有趣的事情。

泛大陆的命运与探索未来

在泛大陆解体之前，这个泛大陆的形状就像是一个大馅饼，其东侧已经失去了一个楔形块，形成了一个巨大的海湾，地质学家们称其为特提斯洋。特提斯洋发生了大量复杂的地质活动，地质学家们正在努力研究这些地质活动。[注]

泛大陆经历了很长一段时间，大约从3.2亿年前持续到2亿年前；然后，泛大陆开始断裂，逐渐演变为今天我们能够看到的这样分散的大陆，而这样的大陆布局正是我们人类境况的一个基本组成部分。西班牙和葡萄牙这两个国家所在的伊比利亚半岛在泛大陆靠近特提斯洋的最西

端。随着接连不断的断裂，泛大陆的边缘线变得参差不齐，有的地方凹进去，有的地方凸出来，而伊比利亚半岛则逐渐向海洋伸展。大约在1.15亿年前，伊比利亚半岛向海洋伸展的块状已经形成，其海岸线使葡萄牙和西班牙成为全球海上探险的先驱。

1494年，在哥伦布发现美洲大陆仅仅两年之后，在教皇的仲裁下，西班牙和葡萄牙签署了《托德西利亚斯条约》，以教皇的名义瓜分世界，进行探险与殖民统治。该条约在大西洋上，从北极到南极划分出一条极其模糊的分界线。线东为葡萄牙人的势力范围，线西为西班牙人的势力范围。今天，从这项条约中，我们可以看出，当时的教皇表现出了不可一世的嚣张与傲慢。鉴于基督教对伊比利亚半岛的重新征服持续了4个世纪，直到1492年才结束，这项条约具有历史意义。在基督教重新征服伊比利亚半岛的这段时间里，为了避免葡萄牙、莱昂、卡斯提尔和阿拉贡基督教王国之间发生冲突，教皇的条约对基督徒们计划要征服的地区提前做了瓜分，而《托德西利亚斯条约》只是将这种瓜分行为扩展成了全世界的规模。注

大约在1.25亿年前，泛大陆的一部分发生断裂，形成了向东延伸的巨大的南美洲板块，一直延伸到托德西利亚斯线以东，成为今天巴西所在的位置。我们将这种地质历史与人类历史相结合，就能够很好地解释为什么葡萄牙语在巴西被广泛使用，以及为什么像葡萄牙语这样一个源自孤立的欧洲小国的语言，从现在的使用人数来看，已经成为世界上第六重要的语言。

大陆运动能够以多种多样的方式影响人类历史。有一种方式，可以解释葡萄牙人为什么会比西班牙人提前几乎一个世纪开始海上探险活动。在地中海西部地区，一些大陆地壳碎片在漂移，这些碎片结构复杂，规模都非常小，只能称作微大陆。最明显的例子就是撒丁岛和科西嘉岛，以前并排位于法国南部海岸，后来经过漂移才变成现在一南一北的走向。注

最近的研究表明，另一块大陆碎片——阿尔沃兰微大陆——向西移动，与西班牙东南部相撞，边缘推升，形成内华达山脉。注正是因为有了这些高大雄伟、易守难攻的山脉的庇护，所以留在伊比利亚半岛上的格拉纳达酋长国的穆斯林，在半岛的其他地区被基督教徒重新占领后，还能够坚持约250年。葡萄牙位于伊比利亚半岛地势平缓的西南部，到了1250年，葡萄牙收复了它在伊比利亚半岛的国土。格拉纳达酋长国位

于内华达山脉，环境上的优势使得它几乎坚不可摧，所以直到1492年，西班牙才真正收复了它在伊比利亚半岛的国土。而到那个时候，葡萄牙人已经在海上从事探险活动近一个世纪了。正是这个漂移的阿尔沃兰微大陆，确定了内华达山脉的位置，也决定了谁会最先开始海上探险活动。我常常在想，费尔南·布罗代尔一定会喜欢将地中海的地质历史和人类历史综合起来进行观察研究！

里斯本的毁灭

到了1755年，葡萄牙在15、16世纪辉煌的海上探险活动早已结束，但是，里斯本仍然是一座不平凡的城市，一个帝国的首都。在这里，到处都是精美绝伦的建筑以及从海上探险活动中带回来的具有历史意义和纪念意义的珍贵史料和纪念品。然而，在1755年11月1日万灵节那一天，巨大的灾难袭来，里斯本发生了史无前例的大地震。尽管当时没有仪器进行测量，但里斯本地震依然被认为是历史上给欧洲带来最大破坏性的地震，震级超过8.5级。

地震使地面产生剧烈震动，海啸带来的洪水淹没了地势低的区域，没有被洪水淹没的地方，大火在肆意蔓延。顷刻间，里斯本这座城市被夷为平地，葡萄牙的大部分地区被摧毁。很显然，死亡人数是巨大的。精美的建筑物变成了一片废墟。海上探险的秘密档案本来可以回答许多相关的问题，但它们在这场大地震中消失了。宝贵的资料已经不复存在，学者们永远也无法知道，这些档案中曾经都包含了什么内容。

里斯本大地震不仅给葡萄牙造成了毁灭性的打击，还颠覆了18世纪欧洲的思想观念。对于宗教来说，为什么上帝要摧毁城市里的所有教堂，而且还是在一个神圣的日子里？这是不可理解的。对于哲学家来说，这是一个天造地设的完美世界，大自然怎么能够如此邪恶地对待这样一个世界？里斯本大地震也同样令他们深感困惑。欧洲思想家们曾经认为，他们生活在最完美的世界里，伏尔泰的《老实人》反映了他们这一观念的破灭——里斯本大地震以及紧接着爆发的可怕的七年战争（1756-1763）极大地动摇了欧洲人的信念。

今天，对于地质学家们来说，里斯本大地震有着不同的意义。它似乎就是发生在伊比利亚半岛西南部海底的某处；葡萄牙地质学家领导的一个国际科研小组于2013年发表了一篇引人注目的论文，认为里斯本大

地震可能恰恰是超大陆旋回的一个关键转折点。[注]他们提出，里斯本大地震可能标志着向西部推进的微大陆的新界线的产生，这一新的界线抬升了内华达山脉，而内华达山脉的升高使得格拉纳达酋长国变得更加难以征服。他们更进一步提出，这可能是大西洋扩张过程中下沉的开始。也许，这是一个扩张的海洋向收缩的海洋转变的开始，因而，这可以被看作超大陆旋回的转折点。[注]大西洋最终可能会消失，几亿年之后，一个新的超大陆将会形成！可以说，这个猜测足以引起人们的关注，也十分令人着迷，但遗憾的是，我们现在知道的任何一位地质学家都不可能活到能证实这一点的时候。

科学始于葡萄牙的探索发现吗？

几年前，我有幸与葡萄牙科学史学家亨里克·莱托（Henrique Leitão）相识并成为朋友。他拥有物理学博士学位，在葡萄牙从事人文学和科学研究工作。我们在对相关问题进行讨论和研究后，都禁不住要提出这样一个问题，那就是，现代科学是不是从15世纪开始的？当时的葡萄牙航海被认为是地质学上的一场革命，比哥白尼1543年发起的天文学和物理学革命提早了100年，而我们知道，1543年被公认为现代科学的开端。

当然，关于科学开端的任何提法都是见仁见智的，但是，对于我们来说，提出这种质疑的确有值得商榷的地方，因为将哥白尼时期视为现代科学的开端已经得到了公认，很少有人会认为现代科学可能发端更早，或者以地质学而不是天文学和物理学为标志。

我们可以提出一个很有力的观点来证明我们的提议。[注]虽然葡萄牙探险家们生活在中世纪，那个时候，科学的概念尚不存在，但是，他们所做的各种事情与今天的科学家们所从事的研究并无二致——针对他们所生活的那个世界，他们提出各种各样的问题，并到世界其他地方去寻求答案。他们提出的与地球有关的问题，也是今天的地质学家正在做的事情。

探险家们来到浩瀚无边的大西洋，在这全然陌生、险象环生的海洋环境中，他们开发了新的旅行方式——乘坐被称作卡拉维尔帆船的小巧灵活的快帆船以及被称作挪亚舟的大型运输船，在大西洋上航行，寻求

问题的答案。这就同我们今天看到的美国国家航空航天局和行星地质学家们在恶劣的太空环境中所做的探索和研究一样。探险家们发明了远程导航仪以及其他仪器，例如，犹太裔西班牙-葡萄牙天文学家和数学家亚伯拉罕·萨库托（Abraham Zacuto）发明了航海仪器，这使得海上导航成为可能。他们认识到，数学是导航的关键。也许，欧洲16世纪最伟大的数学家是葡萄牙学者佩德罗·努内斯（Pedro Nunes），他是亨里克在对科学史的研究中最感兴趣的人。

探险家们对风、洋流、磁罗盘的偏差以及海岸线格局做了系统的定量的测量，标记在地图上，绘制出越来越精确的地图。他们所做的这些事情跟现代地质学家们所从事的工作别无二致。从这些观测中，他们得到了许多新的发现，今天的地质学家们可以明确地将这些发现归为地质学领域：风和水流在海洋上形成的巨大的环流、磁偏角的模式、全球七大气候带——两个极地气候带、两个温带气候带、两个低纬度沙漠气候带以及中间植被丰富的赤道气候带——此外，当然还有南美洲和非洲相契合的海岸线，它们后来导致了大陆漂移和板块构造理论的形成。

亨里克指出，如果这是第一次科学革命，那么，它与后来的科学革命不同，因为主导第一次科学革命的这些人不是科研人员，而是普通的探险家——水手和规模不大的帆船的船长。他们为我们展现了新的世界，对世界形成了新的观念。事实上，这一新的世界观念遭到了与他们同时代的知识分子的抵制，当时的知识分子更倚重上千年来的权威传统。

正是葡萄牙的探险家们打破了中世纪对诸如亚里士多德和托勒密这些古代权威的依赖。亚里士多德曾经说过，世界有五个气候区，这是因为他不知道还有植被丰富的赤道气候带，但是，葡萄牙探险家们发现，世界可以被分为七个气候带。托勒密绘制的地图显示，印度洋是一个封闭的海洋，从欧洲乘船无法抵达印度洋，但是，葡萄牙探险家们乘船到达了印度洋，修正了托勒密的地图。当然，对权威的拒绝和对观察和实验的依赖仍然是现代科学研究的主要特征。

最后一个观察特别能够引起我的共鸣。正如我在本章开始时提到的，20世纪60年代和70年代的板块构造革命极大地引发了人们的兴趣，人们对正在进行的发现充满信心。对于葡萄牙的海上探险，情况似乎也是如此。在访问里斯本的时候，亨里克向米莉和我展示了热罗尼姆修道院的奇异石雕。这些石雕是属于葡萄牙海上探险时期的。在石雕上，随处可见雕刻的绳索；此外，石雕上还刻着富有异国情调的鸟、花、贝壳

以及浑天仪；甚至我们还发现，在雕刻的帆船绳索方结上有一只四肢伸展的猫。这些以及其他曼努埃尔风格——以曼努埃尔国王（King Manuel）的名字命名——的葡萄牙雕刻作品风趣幽默，完美展现了世俗化的生活，与西班牙忧郁的宗教和纹章雕刻完全不同。

从曼努埃尔雕刻上，我们可以清楚地看到，在1500年左右，葡萄牙人民对他们的探险家们的发现表现出极大的兴趣和由衷的欢欣。亨里克告诉我们，当探险家们的船只驶入里斯本港的时候，人们就会涌到码头上，要亲眼看看探险家们都发现了什么奇迹，亲耳聆听他们的历险故事。今天，在几乎每天都能有新发现的时代，我们很难想象中世纪海上探险发现带给人们的惊喜与那个时代封闭的、静态的世界观所形成的鲜明对比。

葡萄牙人在15、16世纪探索大陆海岸线时的惊人发现引发了人们的巨大兴趣，而约500年之后，地质学家们的板块构造论革命同样引发了人们的极大兴趣，因为地质构造理论最终解释了为什么那些大陆成为今天我们看到的形状。这种关联在某种程度上似乎是恰当的。

1. Diamond,J.,1998,Guns,germs and steel:The fates of human societies,New York,W.W.Norton,480 p.,Ch.10.
2. Wright,J.K.,1925/1965,The geographical lore of the time of the Crusades:A study of medieval science and tradition in Western Europe,New York，Dover,563 p.
3. Ptolemy,C.,second century，Geography (translated and edited by Edward Luther Stevenson),New York,New York Public Library,1932,167 p.
4. 郑和下西洋结束于1433年。——编者注
5. Page,M.,2002,The first global village,Alfragide (Portugal),Casa das Letras,277 p.;Rodrigues,J.N.,and Devezas,T.,2007,Pioneers of globalization:Why the Portuguese surprised the world,Vila Nova de Famalicão (Portugal)，Centro Atlântico,271 p.
6. Leitão,H.,and Alvarez,W.,2011,The Portuguese and Spanish voyages of discovery and the early history of geology:Geological Society of America Bulletin,v.123,no.7–8,p.1219–1233.
7. Russell,P.E.,2000,Prince Henry“the Navigator”:A life,New Haven,Yale University Press,448 p.
8. 英寻为英美制计量水深的单位。1英寻约合1.8米。——编者注
9. 还有一部关于亨利王子时代的历史小说：Slaughter,F.G.,1957,The mapmaker:New York,Doubleday,320 p.最棒的是葡萄牙诗人路易斯·瓦兹·德·坎姆斯（Luis Vaz de Camões）的民族史诗《卢西塔尼亚人之歌》，其中用诗意的语言讲述了葡萄牙人的探险故事（The Lusíads,written about 1556,published 1572,trans.by White,L.,1997,Oxford,Oxford University Press,258 p.）。在第五章中，怪物阿达马斯特的故事表现了探险家们在未知的海洋上的可怕经历。
10. Eco,U.,1998,Serendipities:Language and lunacy:San Diego,Harcourt Brace,p.4–7.这个引起人们关注的信息来自加布里·古铁雷斯·阿隆索，阿隆索目前是萨拉曼卡大学的地质学教授。
11. Braudel,F.,1966,1973,The Mediterranean and the Mediterranean world in the age of Phillip II (2 volumes),trans.by Reynolds,S.,New York,Harper and Row,1375 p.
12. 关于这一话题，现在有很多文献可供检索，这些文献大多是从2000年左右开始陆续发表的，如：Murphy,J.B.,Gutiérrez-Alonso,G.,Nance,R.D.,Fernández-Saurez,J.,Keppie,J.D.,Quesada,C.,Strachan,R.A.,and Dostal,J.,2006,Origin of the Rheic Ocean:Rifting along a Neoproterozoic suture?:Geology,v.34,no.5,p.325–328。

13. Cutler,A.,2003,The seashell on the mountaintop:A story of science,sainthood,and the humble genius who discovered a new history of the Earth,New York,Dutton,228 p.;Alvarez,W.,2009,The Mountains of Saint Francis，New York,W.W.Norton,Ch.5.

14. Romm,J.,1994,A new forerunner for continental drift:Nature,v.367，p.407–408.

15. Wegener,A.,1912,Die Entstehung der Kontinente:Geologische Rundschau，v.3,p.276–292;Wegener,A.,1929,The origin of continents and oceans(translation of Die Entstehun der Kontinente und Ozeane,reprinted 1966),New York,Dover,246 p.

16. van Waterschoot van der Gracht,W.A.J.M.,et al.,1928,Theory of continental drift,Tulsa,American Association of Petroleum Geologists,240 p.

17. Hess,H.H.,1960,The evolution of ocean basins (preprint):Princeton University,Department of Geology.

18. Gould,S.J.,1987,Time's arrow,time's cycle,Cambridge,Mass.,Harvard University Press,222 p.

19. Repcheck,J.,2003,The man who found time,Cambridge,Mass.,Perseus，247 p.

20. Wilson,J.T.,1966,Did the Atlantic close and then re-open?:Nature,v.211，p.676–681.

21. Nance,R.D.,Murphy,J.B.,and Santosh,M.,2013,The supercontinent cycle:A retrospective essay:Gondwana Research,v.25,no.1,p.4–29.

22. Moores,E.M.,1991,Southwest U.S.–East Antarctica (SWEAT) connection:A hypothesis:Geology,v.19,no.5,p.425–428;Dalziel,I.W.D.,1991,Pacific margins of Laurentia and East Antarctica—Australia as a conjugate rift pair:Evidence and implications for an Eocambrian supercontinent:Geology,v.19，no.6,p.598–601;Hoffman,P.F.,1991,Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out?:Science,v.252,p.1409–1412.

23. Gutiérrez-Alonso,G.,Fernandez-Suarez,J.,Weil,A.B.,Murphy,J.B.，Nance,R.D.,Corfu,F.,and Johnston,S.T.,2008,Self-subduction of the Pangaean global plate:Nature Geoscience,v.1,no.8,p.549–553.

24. Leitão,H.,and Alvarez,W.,2011,The Portuguese and Spanish voyages of discovery and the early history of geology:Geological Society of America Bulletin,v.123,no.7–8,p.1219–1233.

25. Alvarez,W.,1972,Rotation of the Corsica-Sardinia microplate:Nature Physical Science,v.235,p.103–105;Alvarez,W.,Cocozza,T.,and Wezel，F.C.，1974,Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal:Nature，v.248,p.309–314;Alvarez,W.,1976,A former continuation of the Alps:Geological Society of America Bulletin,v.87,p.891–896.

26. Rosenbaum,G.,Lister,G.S.,and Duboz,C.,2002,Reconstruction of the tectonic evolution of the western Mediterranean since the Oligocene,Oligocene:Journal of the Virtual Explorer,v.8,p.107–130;Hinsbergen，D.J.J.，Vissers,R.L.M.,and Spakman,W.,2014,Origin and consequences of western Mediterranean subduction,rollback,and slab segmentation:Tectonics,v.33，no.4,p.393–419.For an explanation of how this works,see the discussion of the rather similar toe of the Italian boot,Calabria,in Alvarez,W.,2009,The Mountains of Saint Francis,New York,W.W.Norton,304 p.,Ch.14.

27. Duarte,J.C.,Rosas,F.M.,Terrinha,P.,Schellart,W.P.,Boutelier,D.，Gutscher,M.-A.,and Ribeiro,A.,2013,Are subduction zones invading the Atlantic? Evidence from the southwest Iberia margin:Geology,v.41,no.8，p.839–842.

28. 加勒比海和斯科舍岛形成的弧形可能是类似的情况，即俯冲从西部影响了大西洋；也有人提出，古瑞亚克洋也有过同样的过程（Waldron,J.W.F.,Schofield,D.I.,Murphy,J.B.,and Thomas,C.W.,2014,How was the Iapetus Ocean infected with subduction?:Geology,v.42,no.12,p.1095–1098）。

29. Leitão,H.,and Alvarez,W.,2011,The Portuguese and Spanish voyages of discovery and the early history of geology:Geological Society of America Bulletin,v.123,no.7–8,p.1219–1233.

第五章　两个山脉的故事

大历史视角下的山脉

在前一章中，我们讲到了分布在大陆上的山脉。虽然与地球上的大陆面积相比，山脉所占面积要小得多，但是，可以肯定地说，山脉更让人们感兴趣，更能给人留下深刻的印象。在地球上没有一个地方可以让人站着欣赏到大陆的全貌，当然，我们可以通过卫星图像看到大陆的全貌，但是显然，我们无法回避这样一个事实，那就是，从太空的角度看大陆——比如说，美洲大陆——就像是在看一幅地图，很难引起我们的兴趣。然而，如果我们站在气势磅礴的大山脚下，仰望着高耸入云的山峰，或者我们置身于山脉之中，穿越崇山峻岭，为原始生态的美丽风景所环绕，这种身临其境的经历带给我们的感受会十分深刻，会给我们留下难以忘怀的记忆。毋庸置疑，无论是从物质方面还是从精神层面，山脉是人类境况的基本组成部分。

对大历史学家来说，山脉是一个绝佳的话题，因为它们是地质学家和人类历史学家的根本兴趣所在。对于地质学家来说，山脉是地球的主要特征，每一座山脉都有令人惊叹不已的历史，可以用来阐释超大陆旋回。不仅如此，山脉还为我们提供了无数露头，它们记录了地球在形成山脉之前的历史。例如，位于意大利的亚平宁山脉形成于几千万年前，但其露头的生成历史却可以追溯到大约2亿年前。这些露头见证了远古的历史，让我们了解到很多在那段漫长的时间里发生的事情，其中就包括发生在6600万年前的大灭绝事件。(注)

对于人类历史学家来说，在人类发展的漫长历史过程中，山脉始终是阻隔人类沟通和迁徙的关键所在。喜马拉雅山脉和阿尔卑斯山脉保护了印度文明和意大利文明，尽管它们并没有阻断外来文化的渗透和外邦的侵略；有时，这些恰恰表现为明显的重要历史转折点。今天，我们很容易就可以借助飞机飞越山脉，也可以借助不断增加的、越来越长的隧道穿越山脉。正因为如此，我们可能会忘记，甚至就在不足100年前，在人类发展的历史上，山脉对于我们来说曾经是多么难以征服的困难。

从地质学的角度来看，任何一座山脉都是令人着迷的，但并不是所有的山脉都与人类历史的发展有着密切的关系，有些山脉我们很少提及，因此也就更难在大历史的研究中有所涉及。说到这类我们很少提及的山脉，最容易想到的就是南极的横贯山脉。从总体上说，在人类历史中，山脉始终扮演着核心角色。我们有足够的例子来说明这一点，证明山脉在人类历史发展中所起的作用：我们可以聚焦安第斯山脉在南美洲印加文明时期或殖民历史时期或独立战争时期的作用；我们可以聚焦伊朗的扎格罗斯山脉从美索不达米亚地区文明诞生到20世纪后期以及21世纪早期战争这段时间的作用；我们可以聚焦加拿大与美国交界处的落基山脉在开发和定居时期的作用；我们可以聚焦俄国历史上的乌拉尔山脉或中亚山区的草原游牧民与定居农民之间的长期交往。阿尔卑斯山脉和阿巴拉契亚山脉是两个很好的例子，这将是本章的重点。

时至今日，阿尔卑斯山脉依然处于抬升阶段，这是由于意大利板块和欧洲板块之间产生的一次相对较小的碰撞，使得这些地区之间形成了一个巨大的屏障，这一屏障早在我们有任何关于欧洲历史记录的时期之前就已经存在，对欧洲历史具有根本性的重要意义。七个现代国家控制着阿尔卑斯山脉的部分地区——法国、瑞士、列支敦士登、德国、奥地利、斯洛文尼亚和意大利，所以阿尔卑斯的地方语言和地名来源于罗曼语、日耳曼语和斯拉夫语；同一座山在不同的语言中可能会有不同的名字。而无论从人类学还是地质学的角度来说，在我们随后对其在人类历史和地质历史上表现出来的复杂性所做的探讨中，这个神奇山脉在称呼上的不同还只能算是刚刚开始。

阿巴拉契亚山脉大约形成于3亿年前，是在劳亚古大陆和冈瓦纳古大陆之间发生更为巨大的碰撞过程中形成的，这次碰撞构成了最近的一个超大陆——泛大陆。但是，由于阿巴拉契亚山脉的形成年代比阿尔卑斯山脉久远得多，所以它已经受到严重侵蚀，看上去不那么气势恢宏了。阿巴拉契亚山脉进入有文字记载的历史远远晚于阿尔卑斯山脉，但它在美洲历史上却起着举足轻重的作用。阿巴拉契亚山脉最初阻隔了13个美洲殖民地，使得这13个殖民地被局限在北美东部海岸的狭长地带，但是随后，阿巴拉契亚山脉成为这13个美洲殖民地摆脱北美东部海岸地理环境束缚、向整个大陆扩张的坚强后盾，使得美国最终成为一个幅员辽阔的国家。从某种程度上说，这个国家主导了20世纪的历史。

我们按照大历史的研究方法来探讨一下这两个山脉。我们首先从历史学家的角度，然后从旅行者和艺术家的角度，最后从地质学家的角度

分别探讨这两个山脉。

历史学家如何看待山脉

根据学者们的研究，有文字记载的历史可以被视为一个时间框架，可以追溯到几千年前——在欧洲的阿尔卑斯山脉地区相对短一些，而在北美的阿巴拉契亚山脉地区就更短了。在这个短暂的时间里，山脉变化不大。早在人类开始有文字记载的历史之前，覆盖斯堪的纳维亚和加拿大的大冰原业已消失，此后，最主要的变化是缓慢的、渐进的侵蚀以及阿尔卑斯山脉冰川的缓慢变化，而现在，阿尔卑斯山脉冰川正在急剧萎缩。

由于这些变化非常缓慢，历史学家们只能将阿尔卑斯山脉视作一个永久的舞台，历史在这个舞台上缓慢地演绎着——一个不变的地理障碍将北欧的日耳曼人、凯尔特人、斯堪的纳维亚人、斯拉夫人与意大利人分隔开来。事实上，在大多数历史文献中，我们几乎看不到有关阿尔卑斯山脉的记载，即使稍有提及也是被称为障碍，很少被详细描述或分析，这是因为，大多数历史学家把研究时间花在图书馆和档案馆里，而不是在山里。[注]

在历史学家看来，阿尔卑斯山脉对于人类历史产生过巨大的影响，甚至左右着重要的人类历史事件，山脉分割了不同的语言群体和宗教，狭长的山路引导着贸易、军事和朝圣。从汉尼拔翻越阿尔卑斯山脉进攻罗马，到恺撒翻越阿尔卑斯山脉征服高卢，西哥特人阿拉里克于公元410年翻越阿尔卑斯山脉洗劫罗马，亨利四世于1077年冬季翻越阿尔卑斯山脉祈求教皇格列高利七世的宽恕，拿破仑于1796年翻越阿尔卑斯山脉到意大利首次展示他的军事天才，再到第一次和第二次世界大战在阿尔卑斯山脉地区发生的战役，等等，与阿尔卑斯山脉相关的历史事件不胜枚举。所有这些都说明，阿尔卑斯山脉频繁而强有力地引导着欧洲的历史进程。[注]

考古学家对欧洲有一个较长的可研究范围——围绕着大冰原的扩大和消退、海平面的上升和下降，以及大陆气候在过去的几十万年里的相关变化。这一漫长的时期先是见证了直立人在欧洲扩散，随后是尼安德特人的统治，最后是我们自己这个物种——智人，唯一依然生存的人类

的扩散。这些不同种类的人类如何相互关联、更替？他们是共存的吗？不同种类之间通婚繁衍吗？或者，强者是否将弱者杀戮灭绝了？直到最近，古人类学家对这些问题的解答依然无法超越想象的范围。但是，分子遗传学的最新研究成果正在回答与之相关的一些问题，同时提出了新的问题。

不可思议的是，阿尔卑斯山脉冰川最近发生的一件事使我们有机会对欧洲史前史进行一次近距离的回顾，这是任何人都未敢奢望的事情。1991年，一些登山者在攀登阿尔卑斯山途中发现一具冻在冰里的尸体。一项调查研究显示，这并不是一次发生在现代的意外事件，而是一桩发生在远古时期的神秘谋杀案。冰雪中的这具尸体生活在大约5000年以前。当时，他正徒步翻越阿尔卑斯山脉，被箭射死了。这个远古时期的登山者被称为奥兹（Ötzi）。我们的确难以想象，当时在他的身上到底发生了什么事情，但是，他的躯体连同他的服饰和装备在冰川中被冷冻了几千年，这为我们提供了珍贵的、难得一见的实物，让我们有机会目睹如此久远的古代欧洲人的生活。

相比之下，阿巴拉契亚山脉进入有文字记载的历史则要晚得多。有关阿巴拉契亚山脉的记载是16世纪西班牙探险家的活动和1600年后英国人沿北美大西洋海岸逐步建立殖民地。1776年，这些殖民地奋起反抗英国的统治时，它们处于海岸和阿巴拉契亚山脉之间有利的地理位置，而殖民地的领导者——包括乔治·华盛顿在内——都认为，对于一个新国家来说，阿巴拉契亚山脉是未来的一个主要危险。假如阿巴拉契亚山脉另一侧的土地是由英国、法国，或者西班牙所控制的话，殖民地的处境就会变得岌岌可危。今天，与落基山脉相比，阿巴拉契亚山脉看起来只是一个小障碍，但是在当时，阿巴拉契亚山脉却是一个强大的屏障。在下一章中，我们将会讨论，一种复杂的地质历史所产生的地貌是如何让年轻的美国克服这个障碍，并最终将势力范围扩展到太平洋沿岸的。

奥兹的发现和考古发掘能够将我们带回到久远的、与我们今天所认知的人类世界截然不同的古代人类世界之中，但正是地质学家真正漫长的年谱，才能让我们把山脉看作一个类似于生命体的东西——出生、成长、成熟，然后在几乎无穷无尽的时间迷雾中逐渐消散。但在我们从深层次的时间视角来观察阿尔卑斯山脉和阿巴拉契亚山脉之前，让我们先从另外两个完全不同的视角来研究一下山脉。

早期旅行者如何看待山脉

在我们今天的世界里，山脉因其自然的壮丽景色而备受人类的青睐，并且，山脉也是我们夏季远足和登山以及冬季滑雪的好去处。一直以来，伟大的画家和摄影师们——如19世纪的约瑟·马洛德·威廉·特纳（J.M.W.Turner）和20世纪的安塞尔·亚当斯（Ansel Adams）——总能捕捉到充分显现山脉那具有独特风格的壮丽形象；而每四年举办一次的冬季奥运会也会举行仪式，庆祝最伟大的山地运动员取得的成就。不仅如此，对于大多数既不是艺术家也不是运动员的我们来说，到山林里旅行也是一件愉悦的事情，可以舒缓大脑，抚慰心灵。今天，人们普遍认为，美丽宜人的山川美景可以带给人类温馨的感受，这一点是不容置疑的。

但是，仅仅在几个世纪之前，人们对山脉的看法完全不同。有一段写于1657年的文字，其对山脉的描述是我读过的最令人印象深刻的文字。在这段描述中，作者把山脉丑化为“大自然的耻辱和弊病”，甚至还称，山脉是大自然美丽面庞上的“疣子、粉瘤、水疱、疖子”。(注)

对山脉的这种印象一直持续到18世纪或者19世纪，当时的旅行者带着惶恐的心态走进山脉。我们设身处地地想一想，当然不难理解他们为什么会有这种心态。在中世纪，如果一个旅行者试图从德国出发，翻越阿尔卑斯山脉，到达意大利，他随身的装备中不会有我们现代人所拥有的精准地图和旅游指南。我们可以设想一下，我们走在山里，在一个岔路口，选择了一条错误的无名小路，走着走着，我们意识到迷路了，迷失在冰雪之中，眼前只有冰雪覆盖着的岩石和峭壁。我们还可以设想一下，我们沿着一条漫长的、陡峭的、一眼望不到头的小路向山顶攀爬，山路崎岖，我们终于可以看到一个山脊，原以为走下山脊，往前继续走就会是一个村庄，但相反，接下来我们所能看到的只是另一个峡谷和另一个山脊，然后是又一个峡谷和山脊。而此时，午后的阳光逐渐减弱，太阳落在另一个山脊的后面，天气变得越来越冷，预示着一个寒冷的夜晚即将来临，我们感到孤独无助，找不到任何可以避寒的地方。这时，我们可能突然意识到，我们也许无法活到第二天早晨。

对于早期旅行者来说，试图翻越阿尔卑斯山脉无疑是一场噩梦，伴随着可能出现的令人恐惧的危险：山路因冲刷和侵蚀而被毁，前方无路可走；冰雪和岩石发生崩塌；遭遇雷电风暴；突然出现野兽。除了这些

自然灾害外，山区里的领主还会向这些穿过他们领地的人征收过路费，还会有强盗实施抢劫。还有一些极端情况可能发生，以法国南部海岸弗拉希涅图姆为基地的海盗会对翻越西部阿尔卑斯山脉的任何人发起突然袭击。公元972年，海盗为了勒索钱财，甚至抓获了法国克吕尼大修道院的院长。所有这些情况促成了早期旅行者对山脉的畏惧心态，而这种心态与现代旅行者对山脉的印象相去甚远，如今的旅行者将穿越山脉视作一次舒适惬意的经历。二者的差别真是不能再大了。

除了那时的旅行者们真真切切的令人生畏的经历和恐惧心态外，在山中旅行还有一种理智上的或精神上的忧虑不安。至少在基督教盛行的西方，人们相信，在浩瀚的时间长河中，有人类的历史极其短暂。对于早期的人类历史，唯一可信的信息来自《圣经·旧约全书》的前几卷——先祖的谱系，告诉我们谁生育了谁，谁是谁的先辈。几个世纪以来，学者不断重新诠释这些家谱，对其中的时间框架做出必要的微调，最后达成一致的意见，认为地球只有几千年的历史。注在这样一个年轻的星球上，高低错落的山脉只能被看作由于某些可怕的灾难而产生的残骸，至少博学的旅行者会想到这一点。

现代旅行者和艺术家如何看待山脉

我们现代人欣赏山脉的美丽与壮观，这与早期旅行者对山脉的看法相比有着明显的差异；的确，这一看法的改变——如果还没有被人们充分意识到的话——必然是近代一次伟大的智慧和知识的大变革。是什么发生了改变呢？也许，三次现代化发展改变了人类对山脉的恐惧和憎恨，促成了人类对山脉的热爱——旅行条件的改善、艺术上的浪漫主义运动，以及地质学家们的发现。

在中世纪，伟大的“罗马大道”衰落之后，阿尔卑斯山脉旅行进入了低谷。随着翻越阿尔卑斯山脉的道路逐步得到改善，翻越山脉旅行的危险渐渐减少，但是，真正的突破是在19世纪，人类修建了横跨山脉的铁路。

即使是在今天，人们依然对瑞士工程师们所取得的成就感到惊讶，他们在崎岖的山路上铺设了轨道。如果山路上的轨道太陡，铁路机车的驱动轮就会打滑。有三种方法可以克服这个问题，而这三种方法都被阿

尔卑斯山脉铁路建设者采用。第一种方法是采用齿轨铁路，将机车上的驱动轮和齿轨安装在主轮之间，与轮齿相匹配，这是将火车开到高处和偏远地方的卓有成效的解决方案。第二种方法是通过迂回路线来爬高，或者更为不可思议的是修建螺旋隧道，缓慢地盘旋在山壁内，在靠近入口的地方再盘旋出来，而此时已经是在山体的更高处了。从苏黎世到米兰的主干线上，有三条这样的螺旋隧道。第三种方法是，从山谷的北部开凿隧道，一直穿越到山谷的南部，这样火车无须攀爬到高海拔的山顶上。瑞士工程师们采用这三项技术，终于克服了几个世纪以来翻越阿尔卑斯山脉的困难。

当然，在20世纪，飞行技术的发展使得山脉带来的阻碍变得无关紧要，对于旅游者来说，登上高山只是为了站在山顶上欣赏令人赏心悦目的景象。而在如今的21世纪，铁路交通的发展达到了空前的高度，人们可以乘坐火车穿越山脉。瑞士最新的计划是修建两条大型“地下隧道”，连接北部欧洲和意大利，加快穿越阿尔卑斯山脉的客货运输。勒奇山地下隧道位于瑞士西部，长21.5英里，于2007年投入运营；哥达地下隧道位于瑞士东部地区，长35.4英里，2016年6月1日举行了开通仪式。这两条隧道非常长，它们的起始地点和结束地点都在低海拔区，火车在山中的隧道里穿梭，有效地避免了向山顶高海拔区域的艰难攀行，所以，那些乘坐火车的旅行者几乎没有意识到，他们正在穿越阿尔卑斯山脉。对于我来说，这些现代化的铁路工程的确令人敬畏，但同时总是让人有一种莫名其妙的伤感，在欧洲历史上长期占据主导地位的山脉变得几乎无关紧要了。但是，这仅仅是交通发展最新的一个趋势，而交通的发展是人类历史正在进行的主题之一。

19世纪，当铁路的建设首次使在阿尔卑斯山脉的旅行变得轻松的时候，浪漫主义运动的艺术家们改变了我们对山脉的看法。这些画家反对古典艺术的僵化形式，反对启蒙运动过分强调知识的理性主义和肮脏的工业革命。他们歌颂大自然的伟大，欣赏大自然带来的美的景象，而并不像从前的人那样，只看到了大自然的残败景象以及它带给人类的危险。(注)

在美国，19世纪的哈得孙河画派的画家用他们的画作表现江河的浪漫之美（关于这方面，我们将在下一章做进一步的探讨），表现美国辽阔的乡村风景。遗憾的是，其中的一些田园美景被后来的工业化时期的城市和工厂覆盖。阿尔伯特·比尔施塔德（AlbertBierstadt）是一位杰出的哈得孙河画派艺术家，以描绘美国西部山区的风景名胜著称，但他也

画阿尔卑斯山脉，其中《马特霍恩峰日出》就是一幅伟大的浪漫主义杰作。我们可以在网上找到这幅画的几个版本。

也许在浪漫主义风景画家中，成就最高者当数英国画家约瑟·马洛德·威廉·特纳。他在拿破仑战争之后不久还很年轻的时候，已经游遍阿尔卑斯山脉，画了许多风景画。特纳用他惊人的色彩，留下了这些山脉令人难以忘怀的形象。我们可以毫不夸张地说，迄今为止，阿尔卑斯山脉的美丽景色启发了一代又一代艺术家。与此同时，地质学家们也在改变人们对山脉的看法。

从岩石中阅读山脉历史

18、19世纪地质学家最重大的发现是，地球的历史并不是短暂的——不仅仅只有几千年的历史；相反，它的历史极其漫长，可以追溯到距今约45亿年前。伴随着这一发现，人们意识到，山脉不是大灾难的结果，而是长期持续不断的、缓慢的发展的结果。在这些演变过程中，山脉逐渐升高，同时也受到自然侵蚀，成为我们今天所欣赏到的山地景观。现在，我们认识到，山脉并不是大自然的残骸，而是各具特色的雕塑。

关于地球历史，我们知道的几乎所有知识都来自岩石，因为不同于液体和气体不能留下痕迹，岩石上可以留下足够的记忆。大多数人都对动植物感兴趣，因为它们会长大，可以移动，而不像岩石，总是躺在一个地方，也看不出有什么变化。但是，正是拥有这种惰性特质，岩石才能够成为地球历史发展最好的记录者。

不同种类的岩石记录着不同种类的历史，而我们发现，所有这些都存在于山脉之中。诸如石灰岩、砂岩这类沉积岩记录它们沉积的环境——珊瑚礁，或者河床，或者沙漠沙丘，或者冰碛石——而地质学家可以对这些环境做出更为详细的鉴别。岩石还可以记录它们自沉积之后都发生了什么——每次发生大的变化时，它们是如何折叠或者断裂的。如果它们受到巨热或者被埋在很深的地方，就会变成变质岩，并记录下山脉内部的压力、温度和应力状态。如果它们受到的热量足够强大，就可能发生熔融，可能将深层的岩石碎片带到地表，这样，我们就可以检测山根的状况了（不然根本无法实现）。我的一位学生最近写了一篇论文，文中他感慨道：“我爱岩石！”对于那些热爱历史的人来说，这是一

种逐渐习得的品位，也是一种丰厚的回报。

早期的地质学家无法获取岩石所记录的地球历史的年代，但是，他们可以利用地层学得出事件序列，这是一种对分层沉积岩的研究。关键是要认识到，除非出现过一些复杂的因素，否则年轻的岩石会叠加于老的沉积岩之上。这就是“叠加原理”，是17世纪60年代由尼古拉斯·斯坦诺在托斯卡纳发现并提出的。[注]地质学家们还学会了使用化石来研究岩石，识别同一时期形成的岩层——从一处露头到另一处露头，或者从一个国家、大陆到另一个国家、大陆。[注]

地质学家在学会了如何解读地球历史并充分意识到地球历史非常漫长之后，开始了一项持续不断的研究工作，这就是，确定地球过往事件的年代。在19世纪，地质学家在这方面的收获极少，但是到了20世纪，随着科技的不断发展以及越来越多精确技术的出现，地质学家们已经掌握了各种各样的方法，以年来计算——尽管总是有一定的不确定性——从最近的事件回溯到地球的起源。[注]随着人类能够记录地质事件的发生时间，地质学家正在逐步确立更为详细的地球历史。这是一部引人入胜的编年史，涵盖了地球历史的许多方面。其中最有趣的一个方面是我们已经讨论过的关于山脉的演变，如阿尔卑斯山脉和阿巴拉契亚山脉的演变。

这里所说的“以年为单位确定时间”，其实应该说是“以百万年为单位确定时间”。人类有文字记载的历史大约有5000年，但地球的历史大约为50亿年，所以，地质学家认为“百万年”是时间的基本单位。从5.4亿年前开始，出现了大量化石记录。如果我们涉及的是5.4亿年前的时间，我们就可以认为，这一古代日期相当于人类历史上的540年前；如果我们以“年”为基本计时单位，在540年前是葡萄牙人开始发现之旅。一开始，这似乎让人感觉很奇怪，但事实上，我们一直都是这样做的。例如，我们改变长度单位来测量不同物体的大小或者不同的距离。当我们测量一件家具时，我们使用英寸；当我们测量从一个城市到另一个城市的距离时，我们使用英里。改变我们的时间单位，将基本计时单位从“年”变为“百万年”，这是我们认识和理解地球历史的一个看似神秘但却行之有效的好办法。

很幸运的是，尼古拉斯·斯坦诺发现了叠加原理，从而在托斯卡纳这个地质简单的地区发明了地质学。假如他试图在地质结构极其复杂的阿尔卑斯山脉进行这一研究，无论如何都不可能有成功的机会，那么，

今天的地质学家也就不会听说过斯坦诺这个名字了。

如何做“山脉三明治”

地质学家们对阿尔卑斯山脉的严肃地质勘探研究始于斯坦诺之后将近200年的19世纪中叶，瑞士地质学家阿诺德·埃舍尔·冯·德·林特（Arnold Escher von der Lindt）所做的大量的研究工作。此时的地质学研究已经有了长足进步，足以使埃舍尔在1840年意识到，他正在研究地质学中一个复杂的因素——古老的岩石位于年轻的岩石之上，这是一种例外。在瑞士的格拉鲁斯州，穿过一排高高的山峰有一条明显的线——地质学家称作交接线。这一交接线将两种不同的岩石分开来。埃舍尔通过对化石所做的分析研究证明，格拉鲁斯交接线之上的岩石属于二叠纪时期；今天我们知道，这些岩石大约有2.8亿年的历史。交接线之下的岩石为始新世时期，大约有4000万年的历史。显然，在格拉鲁斯发现的岩石叠加情况违反了叠加原理，那么，这里到底发生了什么？

经过激烈的辩论，地质学家终于给出了答案。这一问题的解决让地质学家找到了正确认识山脉的路径。时至今日，地质学家仍在不断加深和丰富这一认识。格拉鲁斯交接线上面的二叠纪时期的岩石并非一开始就沉积在那个位置，相反，它们初期沉积在靠南的地方，很久以后，才被驱向北部。在这一向北推进的过程中，它们被向上抬高，覆盖在交接线下面的始新世岩石上。因此，格拉鲁斯交接线被认为是逆冲断层（也称“上冲断层”）。所谓逆冲断层，就是一个切面，在这里，古老的岩石被向上推，覆盖在年轻的岩石上面。当岩石被挤压在一起的时候，就会发生这种情况，而阿尔卑斯山脉就成了这种挤压造山带的典型例子。在埃舍尔发现这一现象之后的170年里，地质学家们已经认识到，“逆冲断层”是挤压山脉中普遍存在的特征。

关于逆冲断层的一项更大发现即将到来。事实证明，格拉鲁斯逆冲断层只是一个小的冲断层，而更大的冲断层潜伏在阿尔卑斯山脉。在19世纪晚期和20世纪初期，地质学家逐渐学会了确认岩石沉积的环境，他们能够区分浅海大陆边缘岩石和深海海洋环境的岩石。情况逐渐变得明朗起来，阿尔卑斯山脉有三个主要组成部分，它们垂直堆叠，底部有一个欧洲北部大陆边缘，顶部有一个意大利大陆边缘，在它们之间是最初形成一处海洋的地壳和沉积填充的岩石层，而这处海洋早已完全消失！

交接线将阿尔卑斯山脉的这三个主要组成部分分开。这些交接线是巨大的“逆冲断层”，而“逆冲断层”的压缩性特质表明，业已消失的海洋——如上一章中讲到的特提斯洋——曾经存在于欧洲北部和意大利之间，而当欧洲和意大利被推到一起的时候，海洋便被挤出去，从这里消失了。

这是一个很有说服力的例子，两种不同的科学证据得出了相同的结论。将大陆拼凑起来，重建泛大陆，留下一片楔形海洋，地质学家们称其为特提斯洋。现在，特提斯洋已经消失了，但它的海洋岩石却在阿尔卑斯山脉的高处被找到。很显然，地球历史远比我们人类所能想象的要复杂，也更加有趣！

为了更好地理解地质学家是如何发现业已消失的特提斯洋的，我喜欢把阿尔卑斯山脉比作一块三明治。欧洲古大陆边缘好似三明治的底片面包，意大利大陆边缘好似三明治的上片面包，而三明治的夹心部分就好似填充特提斯洋的地壳和沉积岩，这样来想象，我们的脑海中就会呈现出一个生动形象的画面。但是，我们必须意识到，大自然所做的三明治与我们做出来吃的三明治，其制作方法非常不同。我们在做三明治的时候，先放一片面包，把夹心放在面包上面，然后在夹心上面再放一片面包。现在，我们就按照大自然的方法来试试。我们先将两片面包平放在桌子上，并让这两片面包分开一些距离，把用来做夹心的馅（也许是花生酱和果冻）涂在两片面包之间的桌面上；然后，我们要慢慢地把两片面包向一起推挤，将花生酱和果冻堆积成山丘样；最后，当我们把一片面包推挤到另一片面包上面时，花生酱和果冻便粘在上片面包的下面和下片面包的上面；随着两片面包的继续移动，它们便被夹在两片面包的中间。很显然，这不是我们日常做三明治的理想方式，但这却是大自然做它的三明治的方式，这种方式被岩石清楚地记录在阿尔卑斯山脉！

阿巴拉契亚山脉的情况又如何呢？就海拔高度而言，阿巴拉契亚山脉不像阿尔卑斯山脉那么令人印象深刻。阿巴拉契亚山脉的最高峰米切尔山坐落于北卡罗来纳，海拔6684英尺[注]，不到阿尔卑斯山脉最高峰勃朗峰一半的高度，勃朗峰的海拔是15781英尺。不仅如此，阿尔卑斯山脉的山峰要陡峭得多；同时，它还有活跃的冰川。这只是与山体形成年代相关的一个简单问题：阿尔卑斯山脉仍然在变形、升高，侵蚀作用依然活跃，形成了崎岖不平的地形，但阿巴拉契亚山脉早在2.5亿年前就停止了变形、升高，且以前的峰顶受到侵蚀，高度严重降低。

然而，当说到山脉的延伸程度，我们发现，阿巴拉契亚山脉更令人

印象深刻。阿尔卑斯山脉只有600英里长，而阿巴拉契亚山脉足有2500英里长，并且算上在欧洲中部绵延1200英里的华力西褶皱带，阿巴拉契亚山脉最初的长度是3700英里，是阿尔卑斯山脉的6倍多。

尽管这两个山脉看上去各有特色，但在内部结构上，阿巴拉契亚山脉总体上与阿尔卑斯山脉相同，具有"逆冲断层"和夹层的结构特征。我们知道，阿尔卑斯山脉的夹层来自意大利板块与欧洲北部板块的碰撞。但是，哪个大陆可能与北美洲大陆碰撞形成阿巴拉契亚山脉呢？现在我们能够看到的只有大西洋在阿巴拉契亚山脉的另一边。

直到板块构造、威尔逊旋回和超大陆旋回的出现，才有可能回答这个问题。至此，我们才搞清楚了，阿巴拉契亚山脉的形成是非洲板块与北美洲板块的碰撞——构成泛大陆的碰撞的结果。然而，这次碰撞之后，泛大陆分裂了。非洲向后移动，远离北美洲，形成了大西洋，也就是说，大西洋比阿巴拉契亚山脉还要年轻。

因此，地球历史上发生的两大事件——大约在3.2亿年前，冈瓦纳-劳亚古大陆碰撞构成了泛大陆这个最后的超大陆，并且形成了阿巴拉契亚山脉；紧接着，大西洋中部的地质特征开始形成，大约在1.8亿年前分裂了泛大陆，我们人类所生存的各大洲的轮廓开始出现——构成了狭窄的海岸，这一地带将美洲的13个殖民地与大陆其他地方分开。

如何塑造一个山体

现在，我们再来看看阿尔伯特·比尔施塔德的浪漫主义绘画作品《马特霍恩峰日出》。巨大的大金字塔形状的岩石高达3000英尺，远高出周围的山脊，而这些高海拔的山脊的顶端也已经高耸入云了。对于旅行者或者登山者来说，马特霍恩峰是一块巨大的岩石，但不知何故，它也总能让人感受到它的优雅与精致。

而地质学家不仅能够欣赏到马特霍恩峰的壮观和优雅，也可以认识到其真正与众不同之处——它只是被侵蚀后残存的一小部分！在那些深邃的冰川山谷中，到处都可以看到侵蚀的痕迹。遗憾的是，这些冰川正在迅速融化。马特霍恩峰犹如一座陡峭的四棱金字塔，其独特的形状显现出四角辐射的冰川，这些冰川不断切削掉大量岩石，使得这块巨大的岩石以锥状向高处延伸，直到锋利的至高点。

欣赏比尔施塔德的画作，我们不难想象，从马特霍恩峰的山峰高度逐渐在下降这一点，就完全可以看出侵蚀的作用。这就好比米开朗琪罗选中一块大理石，凿掉边缘，塑造一尊雕像。真正令人惊讶的是阿尔卑斯山脉的侵蚀作用就好像是一位疯狂的雕塑家购买了一块巨大的大理石，不停地将边角切削掉，最后，几乎快把整块大理石都切削掉，只剩下一个微型雕塑。阿尔卑斯山脉被侵蚀并不是从马特霍恩峰峰顶的高度开始的，而是从远远高于其的高度开始的！

然而，这并不是说曾经的阿尔卑斯山脉比今天高出许多；这是因为，山体隆起和侵蚀作用在同时进行。我们依然拿雕塑做比喻，这就好比米开朗琪罗正在雕刻一块具有魔力的大理石，这块大理石不断变大，所以他必须不停地削切，以便保持这块大理石处于他想要的大小和形状。

阿尔卑斯山脉是双重作用不断竞争的结果。一方面，由意大利板块和欧洲板块汇聚的驱动形成持续不断的挤压力，向上推升山脉；另一方面，重力和侵蚀作用又导致山脉从未停止过消减。阿尔卑斯山脉的这场竞争已经持续了几千万年，很显然，在阿尔卑斯山脉的历史中，确实有大量岩石被推升和带走。由此，地质学家会说，阿尔卑斯山脉处于一个稳定的状态——马特霍恩峰只是一个暂时的特征，在几百万年后会消失，但会被其他年轻的山峰取代，形成这些未来山峰的岩石现在还沉睡在今天的地球表面以下很深的地方。

事实上，我们可以通过数学模型来模拟山脉的运动过程。数学模型表明，阿尔卑斯山脉的地形在隆起和侵蚀之间处于不断变化的平衡状态。[注]由侵蚀产生的大量残骸现在位于阿尔卑斯山脉南北两侧的沉积盆地中，这有助于地质学家详细了解阿尔卑斯山脉隆起和侵蚀的历史，找出隆起和侵蚀的时间段——隆起起主导作用，山脉处于逐渐升高的时期，以及侵蚀起主导作用，高度下降的时期。

然而，随着超大陆旋回进入一个新阶段，意大利板块和欧洲板块的汇聚终将结束，超大陆旋回将转换到一个新的阶段。当这种情况发生的时候，隆起也将结束，但侵蚀还将继续下去，多岩石峻峰的地形将逐渐减少，最终，阿尔卑斯山脉将被夷为平地。但是，随着山脉高度变低，侵蚀的速度会降低；而且，要花上几亿年的时间才能够完全把阿尔卑斯山脉侵蚀掉。[注]

在前一章中，我们看到，在超大陆旋回的漫长历史中，远远分隔的大陆格局只是一个短暂的形态，而这种形态是人类境况的一个基本组成部分。通过这一章的探讨，我们知道，山脉——我们人类境况的另一个突出方面——也是地球表面的临时性特征，当超大陆旋回进入一个新的阶段，大陆发生碰撞，碰撞的地方就会隆起并受到侵蚀。如果人类早1亿年或晚1亿年进化至现在的样子，那么大陆和山脉所提供的人类境况就会完全不同。

我们翻山越岭，寻找快乐和愉悦的感觉，领略从一个地方到另一个地方的自然风光；我们开山采矿，挖掘我们需要的资源。但是，更多的人类活动发生在被大河灌溉的低地。所以，在接下来的一章中，我们将从地质历史的角度以及人类历史的角度探讨河流。

1. Alvarez,W.,2009，The Mountains of Saint Francis，New York,W.W.Norton,304 p.

2. 一个有趣的例外是帕里克·亨特（Patrick Hunt）的斯坦福阿尔卑斯考古项目，该项目研究的是第二次布匿战争期间汉尼拔军队进入意大利的路线：Hunt,P.,2007,Alpine archaeology,New York,Ariel,157 p.

3. Alvarez,W.,2009,op.cit.,Ch.9.

4. Pääbo,S.,2014,Neanderthal Man:In search of lost genomes,New York,Basic Books,275 p.

5. Fowler,B.,2000,Iceman:Uncovering the life and times of a prehistoric man found in an Alpine glacier,New York,Random House,313 p.

6. Bernstein,P.L.,2005,Wedding of the waters,New York,W.W.Norton，p.22.

7. Nicolson,M.H.,1959,Mountain gloom and mountain glory:The development of the aesthetics of the infinite,Ithaca,N.Y.,Cornell University Press，p.2.

8. 对于《圣经·旧约全书》的年代学解读史，雷普切克在《发现时间的人》一书的第二章中做了评述。Repcheck,J.,2003,The man who found time,Cambridge,Mass.,Perseus,247 p.

9. Nicolson,M.H.,1959,op.cit.

10. Cutler,A.,2003,The seashell on the mountaintop,New York,Dutton,228 p.；Alvarez,W.,2009,The Mountains of Saint Francis,New York,W.W.Norton，304 p.,Ch.5.

11. Winchester,S.,2001,The map that changed the world,New York,HarperCollins,329 p.

12. Dalrymple,G.B.,1991,The age of the Earth,Stanford,Calif.,Stanford University Press,474 p.;Hedman,M.,2007,The age of everything:How science explores the past,Chicago,University of Chicago Press,249 p.

13. Alvarez,W.,2009,The Mountains of Saint Francis,New York,W.W.Norton，photograph at the top of p.156,by Prof.Stefan Schmid.

14. Bailey,E.B.,1935 (reprinted 1968),Tectonic essays,mainly Alpine,Oxford，Oxford University Press,200 p.

15. 在本章，我们主要讨论由于碰撞而形成的山脉，比如阿尔卑斯山脉和阿巴拉契亚山脉，这两个山脉都是由于大陆碰撞导致边缘抬升而形成的。还有第二种山脉的构造形式，这种形式也与超大陆旋回相关，即山体形成于大陆边缘的俯冲带之上或者形成火山岛弧。典型的例子就是安第斯山脉:Lamb，S.,2004,Devil in the mountain:A search for the origin of the Andes,Princeton，Princeton University Press,335 p.

16. 1英尺约合0.3米。——编者注

17. Willett,S.D.,Schlunegger,F.,and Picotti,V.,2006,Messinian climate change and erosional destruction of the central European Alps:Geology，v.34,p.613–616.

18. 现在，我们应该已经意识到了，地球的故事，其细节更加复杂:Fischer,K.M.,2002,Waning buoyancy in the crustal roots of old mountains:Nature，v.417,p.933–936。

第六章　古老河流的记忆

火车里看到的地貌景观

超大陆旋回的产生是由于地球内部热量的驱动——放射性衰变中产生的热量释放以及铁心的缓慢凝固。因此，它是由地球的内部构造过程所驱动的。山脉的推升是由于地球的内部构造过程所致，但是，山脉的侵蚀是由于外部环境造成的，就如同河流和冰川是由于太阳的热量所驱动。在本章中，我们将侧重观察由外部环境产生的地球历史，特别是由河流、冰川和风产生的地球历史。这些就是地质变化，是我们绝大多数人都熟悉的景观，也是我们赖以生存的环境。

当然，景观无处不在，可供选择的例子真是无穷无尽。这里，我只选择其中的一个例子进行深入细致的讨论——横贯美国大陆的地貌。我们通过乘坐火车的方式进行一次旅行，也许有一天你会喜欢的。我们的旅程从纽约开始，经过芝加哥、丹佛、盐湖城，最后到达终点旧金山。乘火车是欣赏整个北美大陆风景的理想方式。无疑，如果乘坐飞机进行一次航空旅行，那将为我们提供一个更为广阔的视野，但是，我们根本不知道在我们的下方有什么可看的风景；飞机的速度实在太快了，有时我们的视野还会被云层遮蔽。如果驾驶汽车旅行，我们必须注意道路交通。而坐在火车里，情况就不同了，我们恰好置身于风景之中，可以悠闲地体验旅行带来的快乐；我们可以随心所欲地望着车窗外面，尽情享受窗外的自然景观。

我们的美国国家铁路旅程将从“湖岸号”列车开始，向北沿着哈得孙河，从纽约市到奥尔巴尼，然后向西沿着古伊利运河到达伊利湖畔的布法罗。第一天晚上，我们的火车会穿过宾夕法尼亚州、俄亥俄州和印第安纳州的低地。第二天早上，我们到达密歇根湖畔的芝加哥。我们将在芝加哥转车，登上“加州和风号”列车，向西穿过伊利诺伊州和艾奥瓦州的广阔田野，中间经过密西西比河，然后在夜色中穿越密苏里河，进入奥马哈，再穿过内布拉斯加州。第三天早晨，当我们醒来的时候，就会发现，马上就要到达丹佛，而落基山脉离我们越来越近。

过了丹佛，我们坐在餐车里，享受列车上提供的早餐，欣赏窗外落基山脉的壮观景色。在接下来的一整天里，火车都会蜿蜒前行，沿着科罗拉多河穿过原本无法到达的峡谷，火车需要在这段路上整整行驶200英里。快到黄昏的时候，我们将看到科罗拉多高原的一部分，并穿过沃萨奇山脉，大约会在午夜时分到达盐湖城。我们的火车不会停下来，而将在夜色中继续行驶，穿越内华达的沙漠地带。火车到达里诺的时候，我们会发现，又是早餐时间了。之后，我们的火车会爬上位于内华达山脉东部陡峭的山坡，从平缓的西部山坡向山下行驶，经过淘金热地区，一直向下行驶到达萨克拉门托。火车经过萨克拉门托河内陆三角洲的最后一段路程，将我们带到了旧金山湾，我们的旅程将在埃默里维尔结束。

要想欣赏北美大陆的壮丽景观，没有比乘坐火车旅行更理想的方式了。一路上，我们可以用历史学家的眼光观察自然风景，从地质学家的角度欣赏自然景观的演变，我们将会了解到地球历史上一些非常显著的事件以及这些事件是如何影响人类历史的发展的。那么，大家准备好了吗？让我们登上这列火车，开始这次探索之旅！

哈得孙河

下午三点左右，我们乘坐的火车开出纽约的佩恩火车站（Penn Station），“湖岸号”列车蜿蜒穿行于迷宫般的地下通道，在哈得孙河的东岸露出地面。随后，火车一路向北行驶，开往奥尔巴尼。在开始的25英里路上，从左侧车窗望出去，在哈得孙河的西岸，我们会看到一排巨大的黑色岩石悬崖，高400英尺，这些悬崖被称作帕利塞德陡崖，而东岸则显得要柔和许多。

这里的地貌展示了一种独特的地质结构，侵蚀活动首先攻击易于侵蚀的岩石，留下了像帕利塞德陡崖这样坚硬的岩石，高高地屹立在那里。峭壁是在帕利塞德岩床的东部边缘，帕利塞德岩床是一块巨大的岩石板，由熔融岩浆构成，在沉积层之间推开，现在正缓慢地向西倾斜。

帕利塞德陡崖的峭壁由坚硬的岩石构成，这块坚硬的岩石是在地球历史上的一个重大事件中形成的。事情发生在2亿年前，当时还是泛大陆时期，北美洲依然与非洲、南美洲以及欧洲连在一起。一股巨大的热岩柱从地幔的底部升起，足以在深层地压和温度下缓慢流动，到达地壳

底部，在那里部分熔化。随后，熔融的岩浆沿着沉积层注入，形成了帕利塞德陡崖；或者，熔融的岩浆注入长长的垂直裂缝之中，其中一个垂直裂缝横跨葡萄牙和西班牙；或者，熔融的岩浆喷发到地表，形成了今天在巴西和西非可以看到的玄武岩流。地质学家把这种地貌称为大型火成岩区，把这里的特殊地貌称为中大西洋岩浆区（CAMP）。在侵蚀活动之前，中大西洋岩浆区可能是最大的大型火成岩区之一，并且，它与一次大灭绝的时间相吻合。[注]帕利塞德岩床也许是中大西洋岩浆区活动最壮观的表现。在帕利塞德岩床几英里之内生活着数百万的居民，每天都有许多人看到或经过它。

突出的地形特征在人类历史上扮演着重要的角色，这一点是很常见的，例如帕利塞德陡崖就是如此。1776年，在美国独立战争开始之际，英国的计划是用强大的海军控制这条漫长的、可通航的哈得孙河，从而把北美殖民地一分为二。为了阻止英国的这一计划，乔治·华盛顿将军命令在哈得孙河两岸各修建了一座堡垒——曼哈顿岛上的华盛顿堡和新泽西的李堡。今天，这两座堡垒就在乔治·华盛顿桥附近。他们在堡垒里安置了大炮，可以向沿着河流航行的英国船只开火。

华盛顿的防御措施没有成功。英国占领了纽约市，当时是在曼哈顿市中心。1776年11月，英国军队攻克了华盛顿堡。随后，英国军队攀上帕利塞德陡崖的岩壁，攻打李堡，然而，华盛顿已经意识到自己的危险处境且无法改变局面，所以提前撤离到了新泽西州。这个时刻，战争处于低迷状态，正如托马斯·潘恩所写的“这是考验人的灵魂的时刻”。在圣诞节后的第二天，华盛顿带领他的军队横渡特拉华河，在特伦顿战役和普林斯顿战役中取得了胜利；只是到了这时，北美殖民地的局势才有所改善。许多事例说明，地球历史所创造的地貌与人类历史密不可分。

现在让我们回到哈得孙河这个话题上。随着“湖岸号”列车沿着哈得孙河东岸继续向北行驶，沿途壮观的地貌景观令人惊叹。哈得孙河虽然不是一条很长的河流，但其大部分河道远比密西西比河宽阔。并且，哈得孙河与密西西比河流经的区域也不同——密西西比河流经的大部分区域属于平原；哈得孙河则穿流于壮丽的崇山峻岭之间，我们可以从美国西点军校那令人生畏的城堡式建筑后面看到这些风景。在美国东海岸，哈得孙河是一条独一无二的河流，没有其他河流像哈得孙河这么宽阔，河水这么深。到目前为止，还没有其他河流像哈得孙河这样，上游就可以通航。为什么会这样？

哈得孙河的秘密是，它不仅仅是一个有着悠久历史的河谷。这个河谷的源头是深入水中的狭长冰舌引出来的，这条冰原是在上一个大冰期形成的加拿大大冰原；后来，巨大的大陆冰原融化，导致海平面上升，水大量涌出，并不断加深、加宽。这一地质事件发生在大约1.2万年前。事实上，哈得孙河是美国东部唯一一条重要的大河，这条大河的位置足够靠北，完全能够承受这次冰川运动。结果是，人们可以在哈得孙河上一路航行到奥尔巴尼。不仅如此，一路都是潮汐，所以在人类开始使用汽船之前，涨潮会帮助船只逆流向北航行，而退潮会加速船只向下游航行。总而言之，哈得孙河是一条理想的河流！当初英国人打算把哈得孙河作为他们战胜美洲殖民地叛乱战略的关键，这就不足为奇了。这只是哈得孙河在美国历史上的重要意义的开端。大概在吃晚饭的时候，“湖岸号”列车缓缓驶入奥尔巴尼火车站，从这个时候开始，我们将要探讨哈得孙河对年轻的美国的发展做出了什么贡献。

伊利运河

既然我们要从纽约出发，一路向西，驶往芝加哥，那么，我们为什么要先向北走130英里，离开我们的路线，去奥尔巴尼呢？这个问题的答案与阿巴拉契亚山脉有关。正如我们在前一章中所谈到的，阿巴拉契亚山脉在美国东部沿海平原和西部之间形成了一道难以逾越的地质屏障。神奇的可通航的哈得孙河是唯一一条天然航道，可以穿过在缅因州和密西西比州之间的这一段阿巴拉契亚山脉。从这时开始，我们的火车在奥尔巴尼向西，开始沿着莫霍克河和伊利运河的路线行驶。

这是地球历史与人类历史相关联的极好例子。阿巴拉契亚山脉是沿着缝合线的变形带，大约在3亿年前，非洲板块与北美洲板块在这里相碰撞，形成超大陆。我们可以将褶皱沉积岩比作一辆被撞毁的汽车那皱巴巴的车头。这些沿着逆冲断层从基底岩石上分离出来的褶皱沉积岩的平行线从亚拉巴马州向东北横扫，直到宾夕法尼亚州，就像一块堆在地板上的皱巴巴的地毯。在纽约州西部，阿巴拉契亚山脉发生变化，褶皱消失，而在北部的阿迪朗达克山脉和新英格兰地区，更深层的岩石被推高，并暴露在地表。

这些地质运动的结果是，有一条地势较低的东西向地貌带横贯西部，湖岸有限公司沿着这条地势较低的地貌带建立火车站，如斯克内克

塔迪、尤蒂卡、锡拉丘兹（雪城）、罗切斯特、布法罗（水牛城）。这个地势较低的地貌带大部分沿着弱沉积岩延伸，弱沉积岩分布在阿勒格尼高原的北部边缘。所以，正是纽约州复杂的地质历史，为这条穿越阿巴拉契亚山脉的自然通道提供了必不可少的条件。

形成这一地貌的岩石都是古老的，然而，形成这一景观的侵蚀和沉积却相对要晚得多，它们是冰川的几次进退的结果。在那段时间里，纽约州的大部分地区都覆盖着冰雪，证据随处可见。铁路线以南分布着狭长的湖泊——卡尤加湖、塞尼卡湖，以及其他狭长的湖泊，总共有十几个。这些湖泊的下面是由巨大的锥形冰川形成的深谷，深谷的底部是冰川残留的碎片。

罗切斯特两侧的几英里范围内，分布着无数座小而圆的山丘，从北向南延伸。这些山丘被称作冰丘，是在冰原下由流动的冰川形成的碎片构成的。“湖岸号”列车穿行于这些山丘之中。我们的火车穿过罗切斯特和锡拉丘兹之间的帕尔迈拉，进入了冰丘地貌的中心地带。在火车轨道以南4英里处，有一座冰丘，叫克莫拉丘（Cumorah Hill）。这座冰丘也被称作摩门教山（Mormon Hill），因为这里就是约瑟夫·史密斯（Joseph Smith）所说的，从1823年到1827年，他收到《摩门经》的地方。《摩门经》被封印在金页片中，据说是由天使摩罗尼提供的。因此，从某种意义上来说，摩门教的教徒正是从这里开始了他们一路前往盐湖城的朝圣之路，我们将在几天之后乘坐火车到达盐湖城。

1817年，开凿伊利运河的工程开始动工，1825年竣工。对于美国这个正在兴起的国家来说，伊利运河的开通具有至关重要的意义。[注]美国自1783年脱离英国独立后，乔治·华盛顿认识到，寻找一条穿越阿巴拉契亚山脉屏障的便捷路线具有刻不容缓的紧迫性。他担心，阿巴拉契亚山脉形成的自然障碍会将西部未开发地区与原来的13个殖民地分开，西部地区可能建立自己的国家，或者被法国、英国、西班牙占领，将美国阻断为一个狭窄的海岸带国家。华盛顿曾试图在波托马克河沿岸的山区开凿一条运河，但没有成功。显然，地球历史从来没有把这一人为计划变成一条切实可行的交通渠道。

然而，哈得孙河、莫霍克河和纽约州西部地势较低的地貌带却是一条理想的路线，尽管存在着自然障碍需要克服。从奥尔巴尼到布法罗有500英尺的海拔落差，除此之外，还有其他一些障碍，如在奥尔巴尼和斯克内克塔迪之间的科霍斯瀑布以及尼亚加拉断崖。特别是在那个年

代，挖掘沟渠、修筑船闸主要依靠手工劳动，可想而知，开凿运河的确是一项艰巨的任务，所以，要达成修建伊利运河的协议困难重重。但是，随着1825年伊利运河竣工，开始投入运营，它改变了一切。各种运输船只载着西部的农产品和东部的制造业产品，在伊利运河平静而宽阔的水面上航行，将沿海各州和西部内陆地区连接在一起，保证东西部人民能够共同参与建设正在发展壮大、生机勃勃的国家。物价降低了，西部地区人口增长了，伊利运河和哈得孙河航道极大地刺激了纽约城的发展，使得原本只是一个小城镇的纽约成长为一个大都市。

几十年后，在纽约州西部，修筑了一条铁路，覆盖整个运河航线，这就是我们现在所乘坐的铁路。伊利运河水面加宽，其中有一部分航线在20世纪初为了修建纽约州驳船运河而改了道，我们可以透过车窗，从几个地方看到纽约州驳船运河，并且，90号州际公路也是沿着同一条线路展开。一路上，时不时地，我们还能够看到伊利运河相对狭窄的古河道。现在，运河的古河道只是一个不连贯的静止的带状水域。古河道两侧有纤道，被古老的树木所遮敝，好似在默默地缅怀逝去的岁月——在过去那繁忙的几十年里，它曾是建设一个新国家的交通大动脉。

冰缘河流与人类历史

当我们到达伊利运河最西端的布法罗时，天已经完全黑了。注在第一个晚上，我们的火车沿着伊利湖，整夜都在向西行驶，经过克利夫兰和托莱多，穿过印第安纳州北部，在第二天早晨到达芝加哥。也许，我们可以走几个街区，看看密歇根湖。密歇根湖是五大湖之一，今天的五大湖依然能够让人想起1万年前结束的冰川时代。午后我们重新登上“加州和风号”列车，向西穿过伊利诺伊州的农田。

晚餐时分，当我们在艾奥瓦州伯灵顿跨过密西西比河时，餐车的窗外可以欣赏密西西比河的醉人景色，而在晚上，我们进入内布拉斯加州的奥马哈，跨过密苏里河。密苏里河与密西西比河相汇，形成它们特有的Ψ形状。我们乘坐火车穿越了美国内陆三大河流中的两条，只错过了俄亥俄河，因为我们要向北绕行，一直沿着伊利运河的路线行驶。Ψ形状伸出去的两臂——西部的密苏里河和东部的俄亥俄河——讲述了有关北美地貌景观演变的一个非常重要的故事。在这两条河的北部，几乎所有的地表都曾经被冰川覆盖，而在南部，只有山脉的高峰地带才覆盖着

冰川。这两条河流大致标志着大陆冰川的最南端。当冰川向南推进时，它们迫使主要的河流——密苏里河和俄亥俄河——一步步向南深入。大约在1万年前，当冰川融化并向北退去的时候，这些河流就一直沿着最南端的冰缘线流淌，直到今天，情况依然如此。

河流的地理可能会有很大的不同，人类的历史也会有所不同。史蒂文·达奇（Steven Dutch）在威斯康星大学绿湾分校任教，他是一位非常有头脑的、富有创造力的地质学家。2006年，他为美国地质学会会议上的一次演讲写了一篇提要，题目是“如果冰期的冰少一点儿，会怎样？”。注这是一个反事实假设历史的例子，就像我们在第二章中引用的那本书——《如果地球有两颗卫星将会怎样？》。注还有关于反事实假设人类历史方面的著作，注这些书表明，人类境况很容易因为某个方面发生与其实际发展的事实大不相同的改变。

史蒂文将研究的重点放在最后一次冰期。他利用反事实的情景，给出这样一种假设：北美冰原从未延伸至加拿大边界以南很远的地方，而苏格兰和斯堪的纳维亚半岛的冰原从未合并过。史蒂文认为，如果事实的确是这样的话，密苏里河和俄亥俄河就不会向南推进到它们现在的河道，而现在流域中的河流就会流入完全不同的河流水系里。其结果是，“13个殖民地很可能被西部内陆地区所阻隔，始终只能囿于大西洋沿岸。没有大湖区，也没有伊利运河。没有俄亥俄河和密苏里河横贯大陆的东西方向提供便捷的水上运输。这样的话，美国历史就将是完全不同的”。他进一步阐释他的观点，认为苏格兰和斯堪的纳维亚半岛的冰原如果相对较小，则可能会导致不列颠群岛成为欧洲的一个半岛，没有英吉利海峡，这将对欧洲历史产生难以想象的影响。我认为，这是对大历史的一个重大贡献。在得到史蒂文的允许后，我在本书的注释中给出了他的摘要全文。注我实在想不出更合适的例子来说明本书的两大主题——地质历史是如何影响人类历史的和事情很容易就会变得与历史发展事实完全不同。

发现一条消失的古老河流

清晨，我们乘坐的火车驶出丹佛。我们坐在餐车里，一边享受着早餐，一边欣赏着窗外科罗拉多落基山脉的壮丽景观，火车穿梭于一连串

的小隧道，沿着科罗拉多落基山脉前段山麓向上攀行，一直行驶到莫弗特隧道（Moffat Tunnel），该隧道全长6.2英里，海拔9200英尺。火车在这里穿过了大陆分水岭。从隧道出来后，沿着科罗拉多河的一条支流——弗雷泽河前行，几英里以后在格兰比汇合。“加州和风号”列车会沿着这条河流行驶200英里，差不多需要一个白天的时间，沿途都是奇妙的山脉景观，包括人迹罕至的拜尔斯峡谷和戈尔峡谷。在这些峡谷中，河流下切到非常古老的岩石里，这些岩石被称作亚瓦派地带（Yavapai Belt），形成于大约17亿年前——亚瓦派地带的岩石远在泛大陆和罗迪尼亚超大陆之前已经形成。(注)

快到傍晚的时候，我们到达科罗拉多高原，来到鲁比峡谷，这也是我们最后一次看到科罗拉多河。鲁比峡谷的断壁呈现出美丽的粉红色，峡谷因此得名。它由恩特拉达砂岩构成，大约形成于2.1亿年至1.6亿年前。它是科罗拉多高原三大砂岩之一，承载着河流历史的精彩故事。

地质学家们很早以前就知道，这些砂岩是在古老的沙漠中沉积下来的，因为沙漠中的沙粒被大风吹动，相互之间产生无数次摩擦，结果就形成了这些圆形的、磨砂状的石英颗粒。我们坐在火车里，很容易就能看到巨大的、向下推进的层面，这是古代沙丘前缘的标志。在恩特拉达砂岩的沉积过程中，美国西部的这一地带看起来一定像今天的撒哈拉沙漠，而沙丘前缘层面的方向告诉我们，沙子来自怀俄明州，向西南方向吹去。能够复原远古时期风的方向，这的确是一件相当了不起的事，而几年前，由于亚利桑那大学的比尔·狄金森（Bill Dickinson）和乔治·格雷尔斯（George Gehrels）的一项研究成果，让事情变得更加引人入胜了。(注)

在这些古代沙丘沉积物中，几乎所有的沙粒都是石英，其中只有很小的一部分是矿物质锆石。与石英一样，锆石对土壤中的酸性物质具有很强的抗腐蚀能力，能把岩石变成土壤，因此可以无限期地持续下去。但是与石英不一样的是，我们可以测算锆石的生成年代，因为它含有少量的铀，铀能够以已知的速率放射性衰变为铅。这进而给出了花岗岩烃源岩的年龄，从花岗岩烃源岩中，我们不仅可以获取石英，还可以得到锆石颗粒。狄金森和格雷尔斯测定了科罗拉多高原砂岩中1600多个锆石颗粒的形成年代，让他们感到惊讶的是，这些锆石颗粒的形成年代与在怀俄明州可能找到的任何烃源岩都不相符；或者说，它们与北美洲西部已知的岩石也不相符。绝大部分锆石颗粒的形成年代大约在10亿年前至12亿年前之间。

唯一符合狄金森和格雷尔斯测定的形成年代的源岩是在美国东部地区——阿巴拉契亚山脉！它们是在罗迪尼亚超大陆的形成过程中由大陆碰撞而产生的，这个古老的碰撞地带就是格伦维尔碰撞带。格伦维尔碰撞带沿着美洲东部边缘一直延伸，但它在西部却并不存在。事实上，阿迪朗达克山脉恰好位于伊利运河东部三分之一处以北，它就是由那个时期的岩石构成的。可以说，大量的石英颗粒，连同可测量的锆石颗粒，它们的形成之旅或多或少类似于我们现在正在进行的旅行——我们乘坐美国国家铁路列车一路西行的旅行。

那么，源自阿巴拉契亚山脉的石英如何进入科罗拉多高原的沙丘？显然，在最近的任何时期，这种情况都是绝对不可能发生的，因为无论是风还是河水，从阿巴拉契亚山脉带着沙子向西推进，最终都会在密西西比河停下来，然后被带到墨西哥湾。而在此之前，也就是白垩纪，北美洲内陆被曼科斯海淹没。曼科斯海海面宽阔但海水很浅，所以，沙粒到达曼科斯海，就会停留在那里。

然而，在侏罗纪时期，北美洲的地理环境与现在完全不同，这一点正如狄金森和格雷尔斯所言。如今，东部是地势相对低的阿巴拉契亚山脉，中部是密西西比河流域，西部是地势高的落基山脉，这些在侏罗纪时期并不存在。相反，在侏罗纪时期，北美大陆的东部地势较高——由于非洲大陆脱离北美大陆，造成那里的地势被抬升；从东部向西是一片长长的、缓慢下降的坡，地势开始逐渐下降，一直向西，在如今落基山脉的地方达到海平面的高度。一条向西流淌的大河，其确切路线，我们只能猜测，一定会携带大量阿巴拉契亚山脉的沙粒，一路到达怀俄明州的海岸线，并且从那里，沙子被风吹到它们最后的栖息地——犹他州。当这条大河流经鲁比峡谷的恩特拉达悬崖的时候，它冲刷掉大量沙子，并带着这些沙子横跨美洲大陆2000英里。谁能够想到，这些被这条早已消失的大河带到西海岸的沙子曾是阿巴拉契亚山脉的一部分？

在夜晚穿过沙漠

我们的火车离开鲁比峡谷和科罗拉多河，继续向西行驶，穿过一片单调的、起伏不平的深灰色泥岩——曼科斯页岩。在气候干燥的时候，曼科斯页岩是无害的，但是雨后，它却是一片胶状的泥沼。这些是白垩纪晚期的曼科斯海浅层沉积物，白垩纪晚期大约形成于8500万年到7000

万年前。正是在这一时期，这条由狄金森和格雷尔斯发现的横贯大陆的侏罗纪河流最终消失了。

我们从火车右侧的窗户向北望去，可以看到书架悬崖。书架悬崖由坚硬的棕褐色砂岩构成，覆盖着曼科斯页岩。列车沿着这些悬崖大约行驶了150英里，这让我们想到了一个问题，它们可能代表什么样的地质历史？在约翰·范·瓦格纳（John Van Wagoner）的主持下，埃克森美孚上游研究公司的地质学家们进行了潜心的研究，他们发现，这些沙子是消失的河流的沉积物，这些业已消失的河流发源于白垩纪时期的山脉以西，并逐渐填满曼科斯海。[注]范·瓦格纳和他的同事揭开了一段关于河流、三角洲和浅海沙的历史，这是一个迷人的故事。有时，当隆起的脉冲使西部山脉隆起时，它们向东进入大海，有时随着曼科斯海暂时占据上风而退去。这个故事对于了解地球历史太有吸引力了，世界各地的地质学家来到这里进行研究。他们总是希望不要遇到罕见的沙漠风暴，将曼科斯页岩变成一个完全不可能逾越的屏障。

大约在晚餐的时间，我们到达格林里弗（Green River），这里是70号州际公路上的一个卡车停靠小镇，到了晚上，野外地质学家和漂流者就会聚集在镇子里的雷氏酒吧（Ray’s Tavern）。从这里开始，我们的火车转向北方，仍然沿着书架悬崖行驶。在黑暗中，列车爬上沃萨奇山脉，越过士兵峰，然后开始向下，驶入普罗沃和盐湖城——从伊利运河开始的摩门教之旅的最后一个意料之外的目的地。现在我们位于犹他州和内华达州的大盆地，这是一大片封闭的沙漠地区，河流无法从这里逃出去。

晚上从火车上看不到，但白天却很显眼，那就是沿着盐湖城后面的沃萨奇山脉山脚下的一片平展的梯田。这些都是古老的湖岸线，被邦纳维尔湖上的巨浪切割而成。邦纳维尔湖是一个巨大的淡水湖，在几万年前的湿润时期，它占据了犹他州西北部三分之一的面积。在地球历史上，有一段神奇的历史涉及邦纳维尔湖。[注]当潮湿的气候逐渐变得干燥时，湖水并不是简单地被蒸发掉了。相反，大约在17400年前，它淹没了犹他州洛根北部的流泄分界区域，并继续漫延至爱达荷州，灾难性地侵蚀了壮观的出口通道，美国91号公路就是沿着这一出口通道，穿过爱达荷州的天鹅湖。超过1000立方英里[注]的水从北面注入这个出口通道，流入蛇河和哥伦比亚河，然后流入太平洋。大盐湖就是这一过程的结果，经过蒸发后现在成了盐渣湖。

只有一条重要的河流仍然为大盐湖提供水源，我们乘坐的这条铁路就是沿着这条河流，从普罗沃开往盐湖城。那些沉浸在《圣经》传说中的早期摩门教徒注意到一个惊人的比喻：在圣地，淡水的加利利湖为约旦河提供水源，约旦河向南流入高盐的死海。在犹他州，淡水的犹他湖向一条河注入水，而这条河向北流淌，将河水注入高盐的大盐湖。摩门教徒被这一不同地理位置上的类似地理现象所迷惑，于是将这条起着连接带作用的河流命名为约旦河。

假如有谁在夜里醒着，就会感觉到我们的列车在世界上最平坦、笔直的铁轨上飞速行驶。这条铁路横穿大盐湖西部的盐滩。盐滩是古老的邦纳维尔湖西部蒸发后的湖底。火车在后半夜驶入内华达州，沿着蜿蜒曲折的洪堡河继续前行。也许，洪堡河是全美最奇特的河流。洪堡河的源头是位于内华达州东北部的一个不太大的泉源。洪堡河从这里向西流淌，在许多南北走向的山脉中穿行。有人曾经说过，从地图上看，洪堡河就像一大群蠕虫从墨西哥向北爬行。这些南北走向的小山脉是倾斜的地壳块体，以断层为界，因为大盆地在伸展过程中被拉开了，这让加利福尼亚比以前离犹他州更远了。

洪堡河也无法摆脱大盆地的碗状陷阱，最终消失在一个叫卡森洼地（Carson Sink）的干涸湖床中，被蒸发掉了。但是，洪堡河提供了从东到西穿过内华达州的唯一一条便捷线路。在气候更为潮湿的时期，贯穿这些山脉的豁口会不会就是被早期强大的洪堡河所切割的？这是极有可能的，但是，很难证明，因为令人遗憾的是，河流的性质决定了它会侵蚀掉那些地质学家希望看到的证据。

洪堡河为19世纪的开拓者提供了一条可以使用篷车的路线，随后有了横贯大陆的铁路，现在又多了80号州际公路。就像穿过纽约州西部的伊利运河一样，洪堡河为开拓美国整个新的区域创造了可能的条件。在这方面，最为显著的案例就在加利福尼亚州。

加利福尼亚州的黄金河流

在最后一个早晨，我们在里诺稍做停留，之后，我们的火车继续前行，沿着特拉基河谷蜿蜒而上，爬上内华达山脉东部陡峭的山坡。我们可以通过车窗，向下张望唐纳湖。1846年，由乔治·唐纳（George Donner）带领的一个马拉篷车队正经过这里，被提前到来的降雪困住

了。唐纳车队的这一次凶险经历在加利福尼亚一直流传下来。从这则加利福尼亚传说中，我们看到了人类历史对河流作用的强调；或者我们可以说，它让我们注意到了缺乏河流对人类历史产生的影响。没有穿过内华达山脉的河流，就没有一条便捷的路线。对于马拉篷车队来说，穿过山脉的最后50英里是其这次到加利福尼亚长途旅行中最艰难的一段路程。

我们的火车驶过唐纳山口和埃米格兰特加普，之后进入内华达山脉的西坡。我们从火车的左侧窗户望出去，看到一片平滑的地表，平缓地向西倾斜，最后切入深谷之中。这清楚地表明，内华达山脉是一个巨大的地壳块体，略微向西倾斜。我们的火车在离开里诺之后攀爬的那段东部陡峭的斜坡，就标志着巨大的断层结构，这种断层结构导致地壳块体发生倾斜。

内华达山脉、东部和南部的沙漠以及围绕着合恩角或横跨太平洋的漫长海上航行，所有这些在一个相当长的时间里，保护了加利福尼亚地区不受日益增长的全球网络通信和贸易的影响，但是，到了19世纪中叶，淘金热兴起，在这样的诱惑之下，它们失去了屏障作用。这些向西流过内华达山脉的缓坡河流都因淘金热而声名大噪——尤巴河、莫凯勒米河、卡拉维拉斯河和斯塔尼斯劳斯河。1848年，正是在这一地区，詹姆斯·马歇尔（James Marshall）在美利坚河的南岔河（South Fork）河床上发现了黄金。当时，他正在为约翰·萨特（John Sutter）建造一个锯木厂。萨特有一座农场，建在萨特堡——现在的萨克拉门托。第二年，由49人组成的淘金者来到这里，对这座农场肆意破坏，最终把农场彻底毁掉了。

含金的河流本身就有一个令人着迷的故事。第一批淘金者到达这里，他们只不过是从河床上收集含有金子的沙石。然后，他们将这些含有金子的沙石放入洗矿槽中，用水将沙石冲掉。洗矿槽是带有脊的木槽，可以将比重大的金子碎片沉积下来。但是，这个由49人组成的淘金者很快就把河床上能够找到的含金沙石挖空了；之后，他们马上又发现了河床上的金子来自哪里。

黄金的源头为一种被称作母矿脉（Mother Lode）的石英脉结构。母矿脉是在地下深层生成的。但是，在河流沙石中也的确有丰富的金矿床，当然不是今天我们所看到的河流沙石。它们是在古水系的沙石中，大约在5000万年前的始新世，流经塞拉丘陵地区，远远早于现代内华达山脉倾斜之前。那些古老的沙石让我们发现了一个消失的古老河流系统

——原始尤巴河。注始新世时期的含金沙石被埋在年轻的火山岩下面，但是，它们暴露在现代峡谷两侧。在那里，淘金的矿工们学会了如何用大水管冲洗掉沙石，再通过洗矿槽提取黄金。

这是开采金矿的一个非常有效的方法，但同时，这种方法对于环境来说是一场灾难，它把塞拉丘陵的一部分变成了像玛拉科夫迪金斯这样的荒漠之地。一个半世纪后，从卫星图像上依然能够看到玛拉科夫迪金斯这块像伤疤一样的荒漠土地。注大量被水力采矿冲下的残渣淹没了萨克拉门托河和中央山谷，破坏了农业；这些残渣最终到达旧金山湾，部分海湾被细泥沙堵塞。破坏如此之大，以至于1884年加利福尼亚州通过了美国最早的环境法，禁止进一步的水力开采。

火车驶过伯克利之后，我们最后一次看到的风景是旧金山和金门大桥。我们眺望海湾，这是河流历史显示给我们的最后一处景观。旧金山湾非常年轻。大约在10000年前，加拿大冰原融化之前，海平面比现在低约300英尺，那个时候还没有旧金山湾。相反，萨克拉门托河流入一处山谷，即现在的旧金山湾所在处，然后，萨克拉门托河穿过金门大桥的一段深深的峡谷。从峡谷里出来，它流过沿海平原，进入太平洋附近的一系列山丘。现在，这些山丘已经成为法拉龙群岛。

我们经过了四天的火车旅行，行程将近3400英里。现在，我们到达了此行的终点埃默里维尔。在我们横贯大陆的火车旅行中，我们有机会体验了一些河流形成的奇妙历史，以及它们对人类历史的影响。我们途经的大城市都因河流而闻名，尽管河流对各个城市的影响各不相同。纽约之所以成为一座闻名遐迩的大都市，是因为它是哈得孙河的终点。这里是一条气势磅礴的由冰川冲刷而成的峡湾，通向伊利运河的起点。伊利运河是横贯阿巴拉契亚山脉，通往令人神往的北美内陆地区的唯一一条天然航道。当时，开发西部的大潮高涨，向西挺进的速度是惊人的。旧金山成为最重要的城市，因为它拥有令人惊叹的海港。这个海港是一个被淹没的河谷，通往萨克拉门托河，其支流盛产黄金，吸引了大批淘金者。旧金山海港是在伊利运河建成25年之后修建的。

当然，我们可以毫不犹豫地说，如果不了解河流所起的关键作用，我们就无法真正了解人类历史。但是，河流仅仅是一个特定的自然景观，除非我们了解每一条河流发展过程的完整地质历史，不然的话，河流对于我们来说，只是一个无法深入解释的地貌景观。

1. Hames,W.E.,McHone,Gregory,J.,Renne,P.R.,and Ruppel,C.,2003，The Central Atlantic Magmatic Province;insights from fragments of Pangaea，Geophysical Monograph,Volume 136,American Geophysical Union，Washington,D.C.,267 p.

2. Bernstein,P.L.,2005,Wedding of the waters,New York,W.W.Norton,448 p.

3. 事实上，由于西行列车的时刻表，伊利运河的大部分线路可能都是在黑暗中穿行而过。向东行驶的“湖岸号”列车提供了一个更好的办法，这样，旅客就可以在白天欣赏到运河地区的风光。

4. Dutch,S.I.,2006,What if? The ice ages had been a little less icy?:Geological Society of America Abstracts with Programs,v.38,no.7,p.73.

5. Comins,N.F.,2010,What if the Earth had two moons?,New York,St.Martin’s Press,288 p.

6. Cowley,R.,1999,What if?:The world’s foremost military historians imagine what might have been,New York,Berkley Books,395 p.;Cowley,R.,2001，What if?:Eminent historians imagine what might have been,New York,Putnam，427 p.

7. What if? The ice ages had been a little less icy? By Steven I.Dutch (Geological Society of America Abstracts with Programs,v.38,no.7,p.73):“如果冰期的冰少一点儿，会怎样？历史从书通过呈现反事实的情景或另类的历史来探索历史事件的影响。大多数地质事件在时间上过于遥远，在效果上过于间接，因此反事实的方法不可能像科幻小说那么简单。一个例外是更新世，它是最近的，对人类历史产生了巨大的影响。在这种反事实的情景中，我给出这样一种假设：北美冰原从未延伸至加拿大边界以南很远的地方，而苏格兰和斯堪的纳维亚半岛的冰原从未合并过。这种另类历史的影响包括：“第一,密苏里河不可能改道进入现在的河道，很有可能会重新建立起以前通往哈得孙湾的排水系统。美国就只可能购买到一个小得多的路易斯安那州，就不会有水路让刘易斯和克拉克循着河流到达太平洋的西北。美国与加拿大的西部边界很可能会是在它现在的纬度以南。“第二，俄亥俄州，可能还有提耶斯古河，都不可能建立起来。圣劳伦斯分水岭可能已经延伸到阿巴拉契亚山脉的西侧。13个殖民地很可能被西部包围，永久地局限在大西洋沿岸。不会有五大湖区，也不会有伊利运河。如果没有俄亥俄河和密苏里河提供方便的东西向水运，美国的历史将与现实的发展大相径庭。“第三，如果苏格兰和斯堪的纳维亚冰原没有合并，那么原始的莱茵-泰晤士河水系就可以畅通无阻地流过北海大陆架，而不是向西寻求新的出口。不会有英吉利海峡，不会有西班牙无敌舰队的失败，不会有阻止拿破仑或希特勒的水上障碍。英国或许仍然是一个强大的海军强国，但由于有了陆地边界，它的文化和政治独立性就远没有那么有保障了。总之，两个相对较小的更新世古地理变化都可能会极大地改变西方历史。”

8. Whitmeyer,S.J.,and Karlstrom,K.E.,2007,Tectonic model for the Proterozoic growth of North America:Geosphere,v.3,no.4,p.220–259.

9. Dickinson,W.R.,and Gehrels,G.E.,2009,U-Pb ages of detrital zircons in Jurassic eolian and associated sandstones of the Colorado Plateau:Evidence for transcontinental dispersal and intraregional recycling of sediment:Geological Society of America Bulletin,v.121,p.408–433.

10. Van Wagoner,J.C.,Mitchum,R.M.,Champion,K.M.,and Rahmanian，V.D.,1990,Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs,cores,and outcrops，American Association of Petroleum Geologists,Methods in Exploration Series,v.7,55 p.

11. Janecke,S.U.,and Oaks,R.Q.,Jr.,2011,New insights into the outlet conditions of late Pleistocene Lake Bonneville,southeastern Idaho,USA:Geosphere,v.7,no.6,p.1369–1391.

12. 1立方英里约合4.2立方千米。——编者注

13. Yeend,W.E.,1974,Gold-bearing gravel of the ancestral Yuba River,Sierra Nevada,California:U.S.Geological Survey Professional Paper,n.772,p.1–85;Cassel,E.J.,Grove,M.,and Graham,S.A.,2012,Eocene drainage evolution and erosion of the Sierra Nevada Batholith across Northern California and Nevada:American Journal of Science,v.312,no.2,p.117–144.

14. Visible on Bing Maps or Google Earth at 39° 22’ N,120° 55’ W.

生命

第七章　我们每个人的生命历史记录

“无穷无尽的形式最美最精彩”

查尔斯·达尔文以这句话结束了他那部对生命历史做出伟大诠释的著作——《物种起源》。然而，作为大历史学家，我们如何才能够真正理解“无穷无尽的”事物？

涉及这一问题，让我们尝试一种我以前从未使用的方法：把我们自己的身体作为生命历史的记录。作为大历史学家，我们的注意力主要集中在人类和人类的历史事件，这是大有益处的，因为它让我们专注于一个进化谱系——我们自己。

岩石中的化石是生命历史的第一个记录，在19世纪第一个地质发现的伟大时代，科学家们知道了如何从这些化石中解读生命历史。20世纪末，一种新的关于生命历史的信息源对化石做了补充——每一个有机体细胞的DNA（脱氧核糖核酸）中携带进化的基因记录。

化石和DNA相互补充，为我们提供了生命历史的记录，每一方提供的生命历史信息都是另一方无法提供的。化石告诉我们，一个有机体是什么样子，而DNA则告诉我们，两个有机体是如何联系在一起的。从DNA中提取的基因信息比化石形态更容易分析和量化，但是，DNA并不能在已经灭绝的生物体内毫无改变地存活下来，除了最近期的生物体之外——如我们的表亲尼安德特人。(注)

对于身体健康的人来说，身体的各种功能都发挥了良好的作用，看起来好像身体的所有部分和谐一致，犹如一台构造和运作良好的机器。但是化石和DNA中的生命历史记录则告诉我们，身体的不同部位，其最初形成的时期各不相同，并且可以肯定地说，随着时间的推移，它们始

终在发生演变，其系谱有长有短。人类的身体是一个变余构造，结合在一起，共同经历了几十亿年的积累和变化。

想想你从镜子里很容易看到的东西——一个与真实身体完全对称的形体；一张嘴可以露出牙齿和舌头，下颌可以上下移动；一双眼睛；两条胳膊和两条腿；手指呈反向对称的一双手；头发；干瘪的、朝下的鼻子；覆盖我们头骨的皮肤，可用来遮掩我们那丰富而活跃的大脑。那么，我们身体的哪一部分才是我们这个物种谱系中最古老的呢？为了探明真相，让我们按照它们最初出现的顺序来探索我们身体的一些主要特征。

起源（冥古宙和太古宙时期）

我们身体中最古老的那部分是看不到的。细胞非常微小，我们用肉眼根本看不到，直到人类发明了显微镜，我们才发现了细胞。我们的身体包含数万亿个细胞，分化成各具特色的多种类型——神经细胞、肌肉细胞、血细胞、皮肤细胞等。

我们还没有掌握任何一种可靠的方法，用来确定细胞最初是什么时候出现的，以及生命本身是什么时候出现的。毫无疑问，细胞的出现是在地球最后一次被大规模熔融之后，是在那次产生了月球的巨大撞击之后，正如我们在第二章中所探讨的。

我们目前的理解是，在吸积基本结束、地球平静下来的5亿年后，可能又发生了一次规模非常大的撞击，我们称作后期重轰击期。注这一时期产生的剧烈撞击造成了巨大的、深色的、玄武岩填充的陨石坑。这种类型的陨石坑我们用肉眼可以看到——月球上布满了陨石坑，只是这些陨石坑的颜色是浅的。据推测，在后期重轰击期，地球也发生了爆炸，只是在近40亿年的地质历史中，像这样的陨石坑并没有被保存下来。非常有可能的是，在后期重轰击期后不久的太古宙早期就有细胞存在，并且，它们甚至可能起源于冥古宙，在后期重轰击期中幸存下来。所以，我们身体中的每一个细胞都能够追溯到最早的源头时代，或者在那一幕剧烈的赋予新的生命和活力的陨石撞击之前，或者刚刚结束之后。

至少，一个活细胞必须被细胞壁所包围，这个细胞壁部分地将活细胞与其周围环境隔开，活细胞必须通过新陈代谢对原料进行加工并生成能量，同时，它必须有能力进行自体繁殖。那么，具有这些特征的细胞最初可能是在什么环境中形成的？1871年，达尔文在写给约瑟夫·胡克（Joseph Hooker）的一封信中，将生命的起源想象为“某个温暖的小池塘”。今天看来，这种安静的起源似乎不太可能。

对我来说，最有趣的假设是，生命可能首先出现在位于海底热液喷口的海洋中部扩张脊处，正如我们在第三章中所谈到的。在这些喷口处，海水由于接触到了位于海洋中脊处新近形成的海洋地壳而被加热，被加热的海水喷入海洋，携带着从炽热的岩石中析出的混杂元素，这些炽热的岩石刚刚还是地球的一部分地幔。这些混杂的元素在与冰冷的海水接触后，其中的一些会沉淀成矿物质，从而在冒出的热水周围形成烟柱。

几十年前，关于海洋地壳起源于海底扩张这一学说的研究只能是间接的，地质学家渴望下潜到海底，看看那里正在发生什么事情。幸运的是，海洋中脊的扩张轴比深海海底要浅一些，由伍兹·霍尔海洋学研究所研制的“阿尔文号”探测器可以到达海洋中脊扩张轴。1977年，杰克·科里斯（Jack Corliss）领导一组科学家，第一次将这枚“阿尔文号”探测器潜入海洋中脊，对加拉帕戈斯群岛附近的一段海脊进行探索。这次探测的结果的确是一次真正伟大的科学发现！(注)

当他们发现海底热液喷口烟柱的时候，可能并不感到惊讶，因为在这炽热的、潮湿的、地质活跃的地方，出现热液喷口烟柱正是他们所期望的。科里斯团队最先发现的那些喷口，只是从海底的小土堆中喷出的温暖的海水，因此并没有他们想象的那么令人印象深刻。但是后来，科学家们却发现了让他们大为惊奇的喷口烟柱，这些喷口烟柱富含金属，是通过循环热水从海洋地壳中提升出来的。现已发现的喷口烟柱高达200英尺，在比海平面沸点高得多的温度下，这些富含金属的黑色水云在翻滚的海水运动中倾泻而出。科里斯团队称这些喷口烟柱为“黑烟柱”。从那时起，科学家们又发现了许多这种“黑烟柱”。我们可以在互联网上找到有关“黑烟柱”非常壮观的视频。很显然，这些“黑烟柱”是地球的一大特色，在海洋化学中扮演着重要的角色。

但是，科里斯团队真正令人震惊的发现是，这些深海热液喷口充满生机。在大部分深海海底原本贫瘠的沙漠中，这些深海热液喷口是生机

盎然的绿洲。在这里，科里斯团队成员发现了大量的蛤蜊、贻贝和帽贝；在这里，他们还发现了一种生物——他们把它称为“蒲公英”。这种生物是水母的族亲，形状纤细精致，可谓超凡脱俗。这类水母的族亲尚未被科学所认知，并且与人类以往所看到过的生物都不像。而最令科里斯团队成员感到惊讶的是海底动物，他们管这种动物叫管状蠕虫。有时，他们会遇到好几英尺长的管状蠕虫，存活于它们构筑的柔性白管中。

这是一个生态系统，存在于海洋深处，从未见到阳光。我们知道，地球表面上几乎所有已知的生态系统最终都能从光合作用中获得能量，然而，这些海洋深处的“居民”却是通过从海洋地壳岩石的热水中提取硫黄来获得能量。随着海洋学家对海洋中脊所做的更为深入的探索，许多新的喷口被发现，其中一些喷口有着巨大的烟柱结构。海洋学家们还发现了其他外来生物，包括螃蟹和鱼类，它们适应了极端的压力和极端的高温条件，并生存下来。它们还顺着烟柱上升到烟柱消散的海洋区域；在这里，海洋热液流动停止了，已经不具备这些活跃于海洋深处的“居民”的生存条件。

这些活跃于深海喷口社区的“居民”，它们的存在的确令人震惊，也出乎人们的意料。它们的存在迫使古生物学家们不得不重新考虑关于生命起源这一基本问题。生命的起源是不是真的如人类一直假定的那样，从地球表面开始的呢？或者我们反过来说，生命会不会起源于海洋深处的某个原始热液喷口，只不过是地球板块构造的副产品？

一个非常有趣的迹象是，生命可能不是起源于业已成熟的极度活跃的“黑烟柱”的极端高温之中，倒更有可能是起源于具有较为温和热液活动的相对古老的喷口处。[注]大西洋里的“消失之城热液场”引起了人们极大的关注，这里可以被视作一个现代可见的场景，展示生命起源可能需要具备的环境条件。[注]加利福尼亚大学古生物博物馆馆长查尔斯·马歇尔在最近的一次讲座中指出，在早期的地球历史中，像“消失之城热液场”这样的喷口会提供丰富的物质、持续时间长久的温和的能量流，以及能够起到保护原细胞作用的岩石中的球形小孔，形成它们的第一层细胞壁，并逐渐进化了新陈代谢和繁殖能力。[注]此外，深海会为早期生命提供保护，避免它们受到撞击，因为撞击会不断破坏表层海水。[注]

不得不再三强调，我们并没有确切的证据证明像“消失之城热液场”这样的地方可能就是生命诞生的地方。并且，有关生命的本质特征

是什么时候出现的，我们也不知道确切的时间；我们只是认为，生命的本质特征可能出现在冥古宙或者太古宙早期。当然，生命起源这幅图画是模糊的，但是，这幅图画却允许我们每个人以一种非常普遍的方式，将我们的个人谱系追溯到40亿年前！

漫长的孕育期（太古宙和大部分元古宙时期）

封闭并受到保护的原细胞能够利用能源和材料，进行再造，地球进入了一个漫长的过渡时期，在这个时间段里，那些单细胞生物经历着多样化的演变过程，并且精细化了它们的生存方式。这个漫长的孵化阶段超过30亿年，包括大部分或者说全部太古宙时期以及大部分元古宙时期。在这段时间里，微小生物出现了，其种类之多是相当惊人的。

一只长颈鹿和一只乌龟出现在我们面前，我们只需打眼一看，就能够轻而易举地将它们区分开来，但是，对于单细胞生物，情况就不这么简单了。在显微镜下，它们大多是微小的球状或者细长的香肠状物体，可能用一根或多根鞭毛就能让它们动起来。我们曾经称作细菌，现在从对它们进行的DNA研究中得知，细菌有两大群体：（1）真细菌，或者说真正的细菌；（2）古细菌，或者说古时期的细菌。从基因上说，它们彼此之间各不同，就像我们彼此之间不同一样。每一组细菌都有许多方法可以获得能量和营养，我在普林斯顿大学时的教授阿尔·费舍尔（Al Fischer）将其称为“进化发明”。[注]有些微生物可以通过使用源自铁、氮和硫黄的能量得以生存，还有些微生物利用太阳能将水和二氧化碳转化为活性有机物质得以生存——当然，后者就是光合作用。

要知道，这种光合作用对地球生态造成的影响是相当严重的，因为它的副产品是氧。虽然我们认为氧对于生命来说是必不可少的，但对于早期的微生物来说，它却是致命的毒药，而我们的后代能够进化出对它的耐受性。对于人类的生存处境来说，我们对氧产生了耐受性，这一彻底改变是非常重要的。我们认为氧非常重要，这不仅因为我们呼吸氧气，而且还因为它导致了铁矿石的大量沉积，我们的工业文明在很大程度上依赖铁。[注]

铁主要以两种化学形式出现在地球上——亚铁（Fe^{2+}）和三价铁（Fe^{3+}）。由于在早期地球的大气层中并没有氧气，大部分铁在表面是

还原型的，即亚铁，这种亚铁的存量非常大——要知道，铁是我们地球的四大元素之一。能够进行光合作用的微生物出现之后，这些微生物废弃的氧气进入大气层，将大部分亚铁氧化成为三价铁。实际上，在元古宙时期，地球的表面就开始慢慢生锈，因为赤铁矿（Fe2O3）是锈铁，由氧化铁构成。一个关键的细节是，亚铁可溶于海水，但三价铁不溶于海水。正因为如此，当亚铁逐渐氧化成三价铁时，它就从海水中沉淀下来，堆积成富含铁的沉积层，形成巨大的赤铁矿床，我们称作带状铁矿层，大多数工业用铁来自这一带状铁矿层。带状铁矿层主要分布在中国、澳大利亚、巴西、非洲、俄罗斯、印度以及美国的明尼苏达州。

在漫长的太古宙和元古宙孕育期的某个点上，一次最为显著的事件发生了——构成我们身体的细胞出现了。我们的细胞是真核生物——生命的三大分支之一，另外两个分别是真细菌和古细菌。当两种古老的细胞发现它们能够在一起生存的时候，这种情况就出现了——一种细胞生存在另一种细胞的内部，这种形式被称为内共生。最初的宿主现在成为我们细胞的主要组成部分，包括一个细胞核，这个细胞核含有我们主要的DNA，而合作伙伴——或者称作内共生体——则赋予我们线粒体，它进行能量处理，对我们的细胞活性产生驱动作用。[注]在超过30亿年的孕育过程中，这一事件是在哪一个时间点上发生的，对于这一点，目前我们尚不清楚。但是有一点我们非常清楚，那就是，我们细胞的两个组成部分从来没有完全融合过，它们始终保持着各自的DNA。

看起来，似乎我们的身体完全是由真核细胞构成的，真核细胞与古细菌和真细菌迥然不同。但是最新的研究成果使我们认识到，大量的古细菌和真细菌都共生在我们的消化系统中，而这种微生物群——或者微生物组——对于将我们摄入的食物转化为营养至关重要。我们的肠胃中缺少氧气，这使得肠胃成为这些微生物生存的一个舒适环境，这里的许多微生物从未进化成为可以耐受光合作用的氧气副产品。氧气积聚在我们的大气层中，这被称作是有史以来最为严重的空气污染事件。

所以我们可以说，我们身体的细胞，包括存在于我们身体中的微生物组，提供了在太古宙和元古宙这段漫长时期所发生的一些关于生命历史的重大事件的记录。

共生的细胞（元古宙晚期）

在生命历史的发展过程中发生过许多真正伟大的事件，其中一次伟大事件戏剧性地在我们的身体中被存下来，之所以这么说，是因为我们不是单细胞生物。正相反，我们的身体是有着数万亿个细胞的复杂组装体，这些细胞形成许多不同种类的专门分工，同时又有着复杂形式的相互配合，使得我们的身体具备完善的功能。从对化石的分析研究中，我们找不到有关多细胞生物起源的令人满意的证据，但是有可能的是，第一步是使相同的、非特质的细胞作为一个群体在一起共生，就像单细胞领鞭毛虫现在还能够这样存活共生一样。只是到了后来，可能才出现了特质的细胞。(注)

在中国，科学家发现了不同寻常的小胚胎化石，这些小胚胎化石可追溯到7.5亿年前。这些微小的球体保存了分裂成多个细胞的各个阶段，毫无疑问，它们来自多细胞生物。(注)此后，在元古宙晚期（6亿年左右）的沉积岩中，古生物学家发现了软体动物的印记，这些软体动物的印记足够大且足够复杂，几乎可以肯定地说，它们是多细胞的，它们是埃迪卡拉动物群。

对于单细胞生物来说，它们可能需要超过30亿年的时间才能够像多细胞动物那样共同生活，这表明在形成生命的过程中，这既不是简单的，也不是不可避免的一步。事实上，它可能是极不可能发生的一步。有人认为，在宇宙中，虽然单细胞生命可能很普遍，但多细胞生命可能是非常罕见的。古生物学家彼得·沃德（Peter Ward）和天文学家唐·布朗利（Don Brownlee）将这一说法称为“稀有地球”假说［或称“地球殊异假说”（“Rare Earth”hypothesis）］。(注)

通常，真细菌和古细菌的形状类似于简单的小球和小香肠，但是随着多细胞动物的到来，逐渐演变出了不同的形状。一些最古老的细胞呈现出放射对称性，如海绵、珊瑚和水母。我们身上最古老的细胞就是从这一简单的几何形状中分离出来，最终形成了一种双侧呈对称的形态。所以，当我们看着自己，或者我们看着别的什么人，就会注意到我们面部和身体的左右呈对称形态。我们所看到的，就是身体形态的历史记录，起源于接近6亿年前的一个生命分支，并且从那时起一直延续到现在。

在单细胞生物中，每一个单细胞生物体掌管所有自己的必需品，从获取营养到移动能力，到繁殖，再到许多其他方面。当我们身体中最古老的细胞学会了作为细胞的集合体共生的时候，这些不同的功能被划分

为具有不同功能类型的细胞，并且这种分工一直延续到今天。

因此，在我们的身体中，有一些细胞从事着营养加工工作，从我们的嘴这一端开始，通过消化吸收过程，再到另一端，将废物从我们的身体中排泄出去。几乎所有双侧对称的动物都有完善的营养系统，像我们人类一样。设想一下，在我们漫长的一生中，多少食物经过我们的口腔并进入我们的消化道——接近100吨！听到这个数字，的确会令我们大吃一惊。在我们下一次摄入食物的时候，可能就会想到这个数字；同时，我们可能会认识到，在加工食物和吸收营养的过程中，我们正在使用这样一个系统，其起源可以追溯到5亿多年前。

允许多细胞生物发挥其功能的其他主要系统也必须要回溯到5亿多年前——心血管、感觉、神经和生殖系统。在这5亿年里，每一个系统都发生了巨大的变化，但是可以公平地说，我们的多细胞祖先中，没有哪一个没有经历过属于自己的某种版本的进化。

由于保存完好的软体动物化石极其罕见，所以岩石记录中几乎没有证据能够表明，在元古宙晚期多细胞动物的早期进化过程中，到底发生了什么事情，我们只能完全依赖DNA提供的信息。但是，从5.41亿年前的显生宙时期——生命历史的重要时期之一——开始，这一切发生了戏剧性的改变，可见生命时代开始了。

从海洋到陆地（古生代时期）

从大约5.4亿年前开始的化石记录中，大量生命迹象清晰可见，这是由于生物体坚硬部分的不断发展完善——就蜗牛和蛤蜊来说，是指其坚硬的壳；就我们来说，是指我们的骨骼和牙齿。地质学家利用这些已出现的化石来标志寒武纪的开始。多细胞动物并不是非有坚硬部分不可，这一点与它们非常需要消化道不同，并且，最早的多细胞动物的确也缺少坚硬部分。但是，在那个里程碑式的发展时期，坚硬部分大量出现在各种各样的动物身体上。也许，动物身体上出现的坚硬部分是为了起到保障其在自然竞争中得以存活发展的一部分作用；并且，其身体进化出坚硬部分的动物更容易生存和繁殖。一个普遍的观点是，三叶虫进化出眼睛，这使得它们成为更有效的掠食者；反过来说，在可能会被猎杀的动物中，只有那些具有坚硬躯壳的猎物才有能力使掠食者无法靠

近，得以存活下来。[注]岩石记录的作用是不可估量的，比如，在沉积岩中突然出现的贝壳。其坚硬的壳体部分在岩石中比其软组织部分保存得更好，因此，对于早期的地质学家来说，这就如同他们突然发现生命的起源一样。这样，我们就容易理解，5.4亿年前就已经有了生命，但我们却很难找到确凿的证据。[注]所以，在我们每个人身体的生命历史档案里，骨骼可以追溯到比你的双侧对称性、循环系统和消化道更早的起源。

我们面部的一大特征是，我们拥有可活动的下颌，随着下颌的运动，牙齿切割和研磨食物。这一特殊功能有助于我们对摄入的食物通过消化系统进行加工处理。现在，我们把下颌作为一项历史文献来思考，其起源可以追溯到奥陶纪。在那个时期，我们的谱系与无颌鱼类分裂开来，现代的七鳃鳗类就属于这类无颌鱼类。为了进食，七鳃鳗采取的方法是，将嘴牢牢地固定在猎物的身体上，用力吸住；然后，它用自己的舌头刮掉猎物的肉。一个原本只用于某一种目的的功能在其进化过程中可以找到其他用途，这在生命的历史中是很常见的。我们下颌的进化过程就是如此。大约在4.6亿年前，我们的下颌为了进食而进化成这样一个结构，而在大约100万年前，我们的下颌成为人类进化到具有语言表达能力的关键部位。我们通过下颌的运动摄入食物，这是一个非常古老的进化过程，比我们使用下颌来讲故事要久远得多！

骨骼化石向我们敞开了一扇窗户，让我们得以看到我们身体其他部位的早期历史。比如，颅骨包围我们的大脑，脊椎骨像脊髓的房梁，使得脊髓能够将感官信息传输给大脑，同时将大脑发出的动作命令传回来。不仅如此，骨骼化石还给我们讲述了我们的胳膊和腿的历史。

到现在为止，我们讨论过的所有关于我们身体的历史都是在海洋中的生命记录。但是作为陆地动物，我们自然会对我们的祖先是什么时候开始离开海洋到陆地上生活的这一问题感兴趣。单细胞生物可能最先到达陆地，但是我们几乎找不到任何这种迁徙的记录。随后，大约在4.35亿年前的志留纪时期，陆地上出现植物。在此之后，植物自身逐渐形成坚硬的部分——我们称作枝干，枝干使植物在没有水的浮力支撑下能够站立起来。

植物覆盖了陆地，陆地上的土壤肥沃，富含营养，等待着动物的出现；下一个时代来临了，那是大约在4.2亿年至3.6亿年前的泥盆纪时期，动物迁徙到陆地上。近期，古生物学家成功地发现了介于长有骨鳍

的鱼类和长有腿的陆地动物之间的过渡生物的化石，并且那些过渡性的生物都有着美妙的名字，如潘氏鱼、提塔利克鱼、棘螈、蚓螈。(注)这些就是胳膊和腿的初期形状。胳膊和腿是我们身体非常关键的部件，并且对于我们如何走动和使用工具至关重要。骨骼化石有助于我们更进一步研究鳍向翼转变的详细过程，但是在从水中出来之后，我们身体的其他部分也必须学会适应陆地生活——如以肺取代鳃，以及在陆地的生活环境中生殖系统继续正常工作。遗憾的是，关于这些方面的进化却并没有留下令人满意的记录。然而，很显然，我们身体的绝大部分都是在长期适应陆地上的原始恶劣环境中塑造的。

在阴影中生存下来（中生代时期）

从海洋生活向陆地生活过渡的动物有四肢，因此，它们的所有后代——两栖动物、爬行动物、鸟类和像我们这样的哺乳动物——被称作四足动物。如果生命历史的发展轨迹不像实际发生的那样，而是另一个类型，情况会是什么样子呢？这是一个有趣的设想。我们假设，这些过渡的动物长有六肢而不是四肢。如果情况真的如此，那么陆地上的动物可能会用六肢中的四肢行走，这比用两肢行走要方便得多；还有两肢，则可以操纵工具，就像传说中的半人半马怪物。情况果真如此的话，工具的使用和智能的历史可能会比实际发生的时间早许多。

在四足动物中，在石炭纪和二叠纪早期的两栖动物最为重要，因为它们将卵产在水中，还像它们生活在海洋中的祖先一样。爬行动物是下一个进化主角，因为它们的卵有壳，有助于它们在陆地上产下的幼子存活。在爬行动物中，恐龙出现在三叠纪时期，是从侏罗纪时期直到白垩纪晚期主要的大型动物。在某种意义上说，恐龙并没有完全灭绝，因为直到今天，我们依然能够看到其后代——鸟类。最后，哺乳动物诞生了，它们孕育出了幼小的生命，并用乳汁喂养它们的后代。乳汁来源于这类动物的乳腺，我们也由此得名——哺乳动物，这一特征成为有关我们身体历史记录的一部分。

科学家们曾一度认为，从两栖动物到爬行动物，再到哺乳动物，这个序列是一个不断进化的过程，并且在某种意义上，哺乳动物是最高级的类型。但是很显然，人们忽略了一点，那就是，爬行动物的辉煌时代已经过去了。要知道，恐龙统治地球的时间超过1.3亿年；在这段时间

里，恐龙一直雄踞大型陆地动物的宝座。那个时期的大部分时间，哺乳动物也都存在，只是与恐龙相比，其体型要小得多。更为重要的是，恐龙进化成各种各样的动物——中等体型的动物、大型的动物以及巨大型的动物；食草类动物和食肉类动物；陆路行走者、奔跑者、水中游动者以及空中飞翔者。这的确令人惊讶。这些动物形态各异，在发现它们的化石之前，没有人能够想象出它们的形态。难怪恐龙是孩子们的最爱！

在与恐龙共生的这个时期，那些小型哺乳动物生活在灌木丛中，尽量避免遭到大型动物的踩踏。它们幸运地存活下来。随着中生代的逐渐消逝，哺乳动物进化出适合自己生存的变异和创新。最早的哺乳动物仍然产卵，它们的一些后代依然保持着产卵这种繁衍形式。但是，随着有袋类哺乳动物的出现，生命繁衍有了新的形式，某些哺乳动物生下小生命；随后，这些新生的小动物爬到母亲的育儿袋里，在那里度过它们的最初成长阶段。最后出现的是有胎盘的哺乳动物；它们生下小生命，但却没有育儿袋。现在，像我们人类这样的有胎盘类在繁衍生命方面占主导地位，只有在澳大利亚还生存着有袋类动物，澳大利亚成了这类动物的避难所。直到最近，澳大利亚才出现了有胎盘类动物。

除了繁殖方式，我们身体的另外两个主要特征还与哺乳动物的早期历史相关。首先是活跃的新陈代谢，使我们的核心温度保持在98.6ºF（约37ºC），需要大量的能量，这在一定程度上解释了我们在漫长的生命中为什么会消耗掉大量食物。其次是毛发，这是哺乳动物的特征，其他动物没有。

跟恐龙生存时期一样，哺乳动物存在于中生代的大部分或全部时期——三叠纪的大部分时期，以及侏罗纪和白垩纪的全部时期。在某些方面，恐龙主宰着陆地动物，至少在体型和种类上可以这么说。但是，哺乳动物的数量肯定要多得多，一般来说，较小的动物总会在数量上占优势。在那个漫长的时期，恐龙看起来像是一定要永久地占据大型动物的宝座。然而事实并非如此，因为恐龙已经灭绝——除了它们的鸟类后代。在我们的世界里，大多数大型动物都是哺乳动物。那么，到底发生了什么事情呢？

进一步进化！（古近纪时期）

在很长的一段时间里，没有人知道恐龙为什么消失了。这里，我们

摘录一段写于1886年的文字，对恐龙的描述可谓惟妙惟肖："此时，一个更高的类型正站在生命的入口。爬行动物王朝的葬礼的丧钟已经敲响。成群的大型爬行动物在更高级的生物靠近之前退缩了。在一个辉煌的统治时期过后，爬行动物王朝彻底衰落了，而现在，我们只能从远古遗留下来的废墟中了解爬行动物的历史。"[注]在作者撰写这本书的那个年度，恐龙庞大的、粗壮的骨骼要比那些小型哺乳动物不显眼的骨骼更受到人们的青睐。但从20世纪中叶开始，缜密的研究表明，小型哺乳动物与硕大的恐龙在很长一段时间里共同生活在这个地球上，它们共生的时间至少有1.3亿年。[注]

显然，哺乳动物并不是一种"更胜一筹的生物"。它靠的是一种"扭转乾坤之力量"（*deus ex machina*），使其最终摆脱了恐龙。在6600万年前，尤卡坦半岛上发生的巨大撞击起到了关键的作用。现在，我们已经掌握了确凿的证据，证明这一次巨大的撞击正好发生在许多种类的植物和动物大量灭绝的那段时间里[注]，并且可能造成大规模的环境干扰。[注]这次大撞击造成的环境破坏导致大灭绝事件，而印度巨大的火山喷发对于恐龙大灭绝事件或许起了推波助澜的作用，或许没有；因为印度火山喷发早在大灭绝事件之前就已经发生了，并且一直持续到大灭绝事件之后。有关大灭绝事件的原因目前科学家们一直在研究，也是一个颇有争议的问题。[注]

恐龙灭绝了，除了它们的鸟类后代，地球上已经不再有这种体型庞大的动物了。恐龙的灭绝，为幸存下来的哺乳动物及其后代开启了奇妙的、前所未有的可能性。最引人注目的是哺乳动物的体型变大了。古生物学家们早就认识到，早在白垩纪晚期恐龙灭绝之后，哺乳动物的体型变得更大了。这一结果在对化石大小所做的统计分析中清楚地显示出来。约翰·阿罗伊（John Alroy）已经证明，从北美白垩纪晚期保存完好的哺乳动物化石记录中可以看到，哺乳动物的平均体重只有50克左右；在大灭绝事件之后的几百万年内，哺乳动物的体重猛增到500克左右，然后逐渐增加到3000克左右，在过去的1000万年里才略有下降。[注]这是一个惊人的模式，给出了强有力的暗示，即恐龙的消失使得哺乳动物的体型变得更大，而这也正是我们自己这个物种体型较大的原因。

阿罗伊还发现，北美哺乳动物化石的多样性也发生了类似的戏剧性变化。在白垩纪晚期，已知的哺乳动物大约只有20种，但在大灭绝之后不久，骤然上升到大约50种，并且继续逐渐上升，在最近一段时间内上

升到大约100种。注显示哺乳动物各目历史的图表更清楚地说明了这一点。注在大灭绝后的1000万年内，大多数常见的哺乳动物都有了化石记录，包括啮齿类动物、蝙蝠、最终进化为马的有蹄类动物、食肉动物、大象的祖先、鲸鱼，当然还有灵长类动物。

我们身体的一些特征反映了我们是灵长类动物的一员。因此，总的来说，在头部，我们庞大的头骨和大脑将灵长类动物的特征发挥到了极致，而我们的前视双目使得我们具有立体深度感知的能力，这也是灵长类动物的一个特征。我们的鼻子也暴露出灵长类动物的遗传特征，因为与大多数其他哺乳动物不同，嗅觉对于我们来说是一个不如视觉重要的感官。鼻子的特征也是能够判断出差别的，因为我们人类属于干鼻灵长类动物——不是湿鼻灵长类动物，除非我们得了重感冒。在干鼻灵长类动物中，我们属于直鼻的灵长类动物，鼻孔向下，而平鼻灵长类动物的鼻孔朝向两侧。

我们身体的另一个典型的灵长类动物的特征是手。我们的手有灵巧的手指和对生的拇指，能够握住和操纵物体，还有精致的指甲而不是锋利的爪子。与狗或者猫的前爪相比，我们的手所具有的惊人能力是显而易见的！奇妙的手最初是用来抓住或握住东西的，对当时的树上生活有用，但是正如在进化过程中经常发生的那样，一个最初服务于一个目的的功能后来会适应于服务另一个目的；因此，我们的手就变得更加灵巧，能够打结、画画，以及弹奏乐器。

直立行走，思维敏捷，言语表达（上新世和第四纪时期）

在我们的身体中，是什么把我们明显地标记为人类？有两个明显的特征。第一个特征是直立的姿势。这种直立的姿势确保我们行走时只需要使用我们的其中两个肢体——我们的两条腿，余下的两个肢体是我们的两条胳膊，上面长着一双感觉敏锐的手，可以自由地去做我们感兴趣的事。第二个特征是我们的大脑。大脑会想出有趣的事并告诉我们如何去做我们感兴趣的事。长期以来，科学家们一直在争论，哪一个特征最先出现——人类是先开始了直立行走还是先拥有了比其他动物脑容量更大的大脑？有关这个问题，在过去40年左右的时间里，令人惊叹的化石

发现给出了非常清楚的答案：在大脑容量变大之前，我们已经开始直立行走了。

这就是那令人惊叹的化石“露西”所具有的意义。“露西”的正式名称为“南方古猿阿尔法种”（*Australopithecus afarensis*），距今320万年前。1973年至1974年，由唐纳德·约翰逊领导的研究小组在埃塞俄比亚发现了“露西”。“露西”的骨化石清楚地表明，她或多或少是直立行走的，而她的头骨只有一个相当小的大脑空间，与黑猩猩的大脑空间差不多。

人类发现的另一令人惊叹的化石是“阿尔迪”，或者称作“拉密达地猿”（*Ardipithecus ramidus*），也是在埃塞俄比亚发现的。20世纪90年代初，由蒂姆·怀特（Tim White）、伯汉尼·阿斯法乌（Berhane Asfaw）和吉代·沃尔德·加布里埃尔（Giday Wolde Gabriel）领导的一个研究小组发现了这具骨骼化石。[注]“阿尔迪”生活在440万年前，比“露西”早100多万年。科学家们对“阿尔迪”的研究证实，在我们的大脑容量变大之前，已经开始直立行走了。就像“露西”的大脑一样，“阿尔迪”的大脑也跟黑猩猩的大脑一样大，但是，“阿尔迪”有一个奇特的大脚趾，可以向外张开，也许可以抓握东西。这表明，这一时期的脚趾既适合于爬树，也用来行走，处于一种过渡状态。

因此，当我们现在审视自己的身体时，就能够认识到，比起大脑的发育，使我们的身体保持直立姿势的脚和臀大肌是更为古老的特征。

关于我们的身体，最后一部分值得思考的是舌头。我们知道，舌头是一个古老的特征，这样说并不是因为化石提供了这方面的证据（我们知道软的部分很少能够被保存下来），而是因为舌头普遍存在于活着的哺乳动物和脊椎动物中。对于哺乳动物来说，舌头的基本用途是在咀嚼食物的时候翻动食物；同时，它也是味觉器官。但是，进化让舌头在不同动物的身上表现出不同的用途。现在，我们来观察一下自然界中的动物。食蚁兽用它那长长的、薄薄的、布满细小弯钩的舌头从昆虫的巢穴中提取美味佳肴；七鳃鳗用舌头刮掉猎物身上的肉；猫用它的舌头清理自己的皮毛；狗靠着它那湿润的舌头来给自己的身体降温。

我们人类开始通过语言进行交流，这仅仅是一段并不久远的历史，而舌头已经成为我们具有交流能力的关键部位。语言是什么时候开始的？其最初的发展过程又是如何？这仍然是古人类学的一个主要辩论话题，因为几乎没有证据能够给出令人折服的解释。但是，“舌头”已经成

为语言的代名词，并且，我们在发音过程中能够感受到它的动作。我们试着大声朗读一段段话，无论是快速朗读还是慢速朗读，密切注意那神奇的舌头，它正在我们的嘴里摆动、跳跃。我们应该花一点儿时间去认识舌头与下颌、嘴唇以及声带是如何协调工作，发出非常清晰的声音，传达思想、表达看法以及提出问题的。

回顾我们人类身体的历史和我们的祖先，让我们再次直面那些不大可能发生的人类境况。如果我们身体的双侧对称从未出现过，情况会怎样？如果我们的身体并未进化出可动的下颌，情况会怎样？如果恐龙并没有灭绝，情况会怎样？如果我们几乎无法想象的其他生物构造形成了完善的进化途径，情况又会怎样？如同大历史中发生的诸多其他事件一样，在赋予我们人类身体特征这方面，这是一系列非常特殊的但却极有可能不会发生的事件。我们刚刚谈到，具有所有这些特征的人首先出现在非洲；从这个意义上说，我们都是非洲人。但是今天，我们分布在世界各地。我们分布得如此广泛，这是如何做到的呢？这将是我们下一章的主题。

1. Pääbo,S.,2014,Neanderthal Man:In search of lost genomes,New York,Basic Books,275 p.
2. 目前，对后期重轰击期最受欢迎的解释被称作尼斯模型，是以法国地中海小城尼斯命名的，因为这一理论在那里诞生：Gomes,R.,Levison,H.F.，Tsiganis,K.,and Morbidelli,A.,2005,Origin of the cataclysmic Late Heavy Bombardment period of the terrestrial planets:Nature,v.435,p.466–469.
3. Ballard,R.D.,2000,The eternal darkness:A personal history of deep-sea exploration,Princeton,Princeton University Press,Ch.6.
4. Martin,W.,and Russell,M.J.,2003,On the origins of cells:A hypothesis for the evolutionary transitions from abiotic geochemistry to chemoautotrophic prokaryotes,and from prokaryotes to nucleated cells:Phil.Trans.R.Soc.Lond.，B,v.358,p.59–85;Russell,M.J.,Nitschke,W.,and Branscomb,E.,2013，The inevitable journey to being:Philosophical Transactions Royal Society B,v.368:20120254.
5. Kelley,D.S.,Karson,J.A.,Blackman,D.K.,Früh-Green,G.L.,Butter-field,D.A.,Lilley,M.D.,Olson,E.J.,Schrenk,M.O.,Roe,K.K.,Lebon，G.T.,and Rivizzigno,P.,2001,An off-axis hydrothermal vent field near the Mid-Atlantic Ridge at 30°N:Nature,v.412,p.145–149;Früh-Green,G.L.，Kelley,D.S.,Bernasconi,S.M.,Karson,J.A.,Ludwig,K.A.,Butter-field，D.A.,Boschi,C.,and Proskurowski,G.,2003,30,000 years of hydrothermal activity at the Lost City Vent Field:Science (Washington),v.301,no.5632,p.495–498.
6. Marshall,C.,2015,The origin of life:Lecture at the University of California Museum of Paleontology,March 31,2015.
7. Sleep,N.H.,Zahnle,K.J.,Kasting,J.F.,and Morowitz,H.J.,1989,Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early Earth:Nature，v.342,no.6246 (9 November),p.139–142.
8. Fischer,A.G.,1984,Biological innovations and the sedimentary record,in Holland,H.D.,and Trendall,A.F.,eds.,Patterns of change in Earth evolution,Berlin,Springer-Verlag,p.145–157.
9. 唐纳德·坎菲尔德写了一本关于氧气的大历史的小书：Canfield,D.E.,2014，Oxygen:A four billion year history,Princeton,Princeton University Press,196 p.
10. 这是林恩·马古利斯（Lynn Margulis）的一项伟大发现：Sagan (later Margulis),L.,1967,On the origin of mitosing cells:Journal of Theoretical Biology,v.14,no.3,p.225–274.
11. King,N.,2004,The unicellular ancestry of animal development:Developmental Cell,v.7,p.313–325.
12. Knoll,A.H.,2004,Life on a young planet:The first three billion years of evolution on Earth,Princeton,Princeton University Press,Ch.9.
13. Ward,P.D.,and Brownlee,D.,2000,Rare Earth:Why complex life is uncommon in the universe,New York,Copernicus (Springer Verlag),333 p.

14. 寒武纪大爆炸的全部原因仍然是神秘的和有争议的:Sperling,E.A.,Frieder，C.A.,Raman,A.V.,Girguis,P.R.,Levin，L.A.,and Knoll,A.H.,2013，Oxygen,ecology,and the Cambrian radiation of animals:Proceedings of the National Academy of Sciences,v.110,no.33,p.13，446–13，451.

15. Knoll,2004,op.cit.

16. Shubin,N.,2008,Your inner fish:A journey into the 3.5-billion-year history of the human body,New York,Random House,240 p.;Clack,J.A.,2009，The fin to limb transition:New data,interpretations,and hypotheses from paleontology and developmental biology:Annual Review of Earth and Planetary Sciences,v.37,p.163–179.

17. Winchell,A.,1886,Walks and talks in the geological field,New York，Chautauqua Press,p.252.(I previously used this quote in T.rex and the Crater of Doom,1997,Princeton,Princeton University Press,p.57.)

18. Clemens,W.A.,1970,Mesozoic mammalian evolution:Annual Review of Ecology and Systematics,v.1,no.1,p.357–390.

19. Renne,P.R.,Deino,A.L.,Hilgen,F.J.,Kuiper,K.F.,Mark,D.F.,Mitchell,W.S.,III,Morgan,L.E.,Mundil,R.,and Smit,J.,2013,Time scales of critical events around the Cretaceous-Paleogene boundary:Science,v.339,no.6120,p.684–687.这些作者用高精度的放射性测年法证明了奇克苏鲁布撞击和大灭绝是同步的，其不确定性只有0.32亿万年，证实了简、桑德罗和我从墨西哥东北部的密汨布拉尔旱谷的露头中得出的结论（第一章）。

20. Schulte,P.,Alegret,L.,Arenillas,I.,Arz,J.A.,Barton,P.,Bown,P.R.，Bralower,T.,Christeson,G.L.,Claeys,P.,Cockell,C.S.,Collins,G.S.,Deutsch,A.,Goldin,T.,Goto,K.,Grajales-Nishimura,J.M.,Grieve，R.,Gulick,S.,Johnson,K.D.,Kiessling,W.,Koeberl,C.,Kring,D.A.，MacLeod,K.G.,Matsui,T.,Melosh,J.,Montanari,A.,Morgan,J.V.,Neal，C.R.,Nichols,D.J.,Norris,R.D.,Pierazzo,E.,Ravizza,G.,RebolledoVieyra,M.,Reimold,U.,Robin,E.,Salge,T.,Speijer,R.P.,Sweet,A.R.，Urrutia-Fucugauchi,J.,Vajda,V.,Whalen,M.T.,and Willumsen,P.S.,2010，Impact and mass extinction:Evidence linking Chicxulub with the CretaceousPaleogene boundary:Science,v.327,p.1214–1218.

21. McLean,D.M.,1985,Deccan Traps mantle degassing in the terminal Cretaceous marine extinctions:Cretaceous Research,v.6,p.235–259；Courtillot,V.,Besse,J.,Vandamme,D.,Montigny,R.,Jaeger,J.-J.,and Cappetta,H.,1986,Deccan flood basalts at the Cretaceous/Tertiary boundary?:Earth and Planetary Science Letters,v.80,p.361–374;Alvarez,W.,2003，Comparing the evidence relevant to impact and flood basalt at times of major mass extinctions:Astrobiology,v.3,no.1,p.153–161;Gertsch,B.,Keller，G.,Adatte,T.,Garg,R.,Prasad,V.,Berner,Z.,and Fleitmann,D.,2011，Environmental effects of Deccan volcanism across the Cretaceous-Tertiary transition in Meghalaya,India:Earth and Planetary Science Letters,v.310，no.3–4,p.272–285;Richards,M.A.,Alvarez,W.,Self,S.,Karlstrom，L.,Renne,P.R.,Manga,M.,Sprain,C.J.,Smit,J.,Vanderkluysen,L.，and Gibson,S.A.,2015,Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact:Geological Society of America Bulletin,v.127,no.11/12,p.1507–1520.

22. Alroy,J.,1999,The fossil record of North American mammals:Evidence for a Paleocene evolutionary radiation:Systematic Biology,v.48,no.1,p.107–118，Fig.2.

23. Alroy,1999,op.cit.,Fig.1.

24. For example,Stanley,S.M.,1986,Earth and life through time,New York,W.H.Freeman,690 p.,Fig.17-6 on p.532.

25. White,T.D.,Asfaw,B.,Beyene,Y.,Haile-Selassie,Y.,Lovejoy,C.O.,Suwa,G.,and WoldeGabriel,G.,2009,Ardipithecus ramidus and the paleobiology of early hominids:Science,v.326,p.64,75–86,with several articles in this issue.

人类

第八章　伟大的旅程

一个行动缓慢却无处不在的物种

我们人类的身体赋予我们四处走动的能力。我们能够行走、跑步、游泳，但是哪一种运动的速度都不快。我们用两条腿走路，显得相当笨拙，而许多用四肢行动的动物跑起来要比我们快得多。我们能够在水里游泳，不仅游得很慢，而且总是有溺水的危险；还不只这些，我们的自然身体绝对不可能飞行。

尽管这样，我们依然占据了地球上几乎所有可居住的地方，这的确让人感到不可思议。我们是怎么到达世界各地的呢？在21世纪，我们可以到机场去，乘坐飞机，在很短的时间内就能够飞到地球上的任何地方，并且，除了偏远和条件极差的荒野地带之外，什么地方都会有人居住。很少有其他物种有如此广泛的分布范围。

我们将在本章探讨人类境况的这一特色，以及它是如何与更深层的历史关联在一起的。我们可以提出这样的问题，在几百年前，当探险家们逐渐将地球上分布广泛的所有人都重新联系起来的时候，他们发现了什么？

世界上有无人居住的地方吗？

在欧洲探险家开始探险之旅前的1000年时间里，生活在非洲、亚洲和欧洲大陆板块上的人们一直有着联系。商人们沿着丝绸之路穿越亚洲，经过撒哈拉沙漠，把非洲北部和南部连接起来。至今，我们依然认为，一些勇敢的旅行家的旅行过程极其惊险，我们对他们深感敬畏，比

如马可·波罗在13世纪所做的旅行，以及一个世纪后伊本·白图泰所做的旅行。历史学家约翰·麦克尼尔和威廉·麦克尼尔父子的研究团队将这些大陆之间范围广泛但并不稳定的连接称为“旧世界之网”。注尽管亚洲、欧洲、非洲之间有着薄弱的连接，但是，生活在这一“旧世界之网”范围内的任何一个地方的人们只知道其周边地区的情况，对一个欠发达的美洲地区以及一个刚刚起步要发展的太平洋区域则一无所知。

在我看来，突破“旧世界之网”的局限，应该是从欧洲中世纪向现代世界过渡的一个明显标志。随后，我们就来探讨一下，在探险家们从“旧世界之网”的孤立状态中走出来之后，他们都发现了什么。那里有人类居住吗？

欧洲人第一次探索的结果是发现了北大西洋群岛——他们在9世纪70年代发现了冰岛，在10世纪80年代发现了面积广大的、绝大部分被冰雪覆盖的格陵兰岛；这两处都是由古代挪威人发现的。那些维京人可能原本并不知道，在6000万年前或7000万年前，格陵兰岛一直与他们的祖国挪威连在一起，还没有分开，直到大陆发生断裂、海底逐渐扩张，格陵兰岛才与大陆分离，向西移动。这些人在冰岛定居后，看到火山喷发后形成新的陆地，但是，他们可能根本没有想到，整个岛屿都是由于火山喷发作用而形成的新陆地，这里的海底扩张形成了新的海洋。更让他们无法想象的是，冰岛的火山喷发是由于地球地幔的一部分变得异常炽热，并从地球深处慢慢升起造成的，这就是地质学家们所说的地幔柱。

无论是在冰岛还是在格陵兰岛，古代挪威探险家们都没有发现岛上有原住民。其实，在遥远的北部，因纽特人生活在北极格陵兰岛。随后，古代挪威人到达了属于北美大陆的一个地区——他们称为文兰，那里已经有人类居住了。

经过一个400年的中断期，到了15世纪，葡萄牙探险家们开始了他们的探险之旅，最终将整个地球连接成了一个网，这是一个使我们整个人类成为一体的网。在这些探险家早期的探险活动中，他们跨越了四个低纬度的北大西洋岛屿群。像冰岛一样，这些火山群岛是地幔柱的产物，只是比冰岛要小得多。加那利群岛距离非洲大陆只有60英里，自古就已经为人类所知，并有人居住在岛上，但是没有人居住在海洋中其他更远的岛屿上——亚速尔群岛大约是在1340年被发现的，马德拉岛大约是在1420年被发现的，而佛得角群岛则是在1450年左右被发现的。注探险似乎会发现许多无人居住的地方，但是这一切很快就发生了改变，相

反，这个世界上似乎到处都有人类居住。

寻找人类密集的陆地

在航海家亨利王子的鼓励和资助下，葡萄牙探险家们一个接一个地乘坐他们的小船，沿着非洲海岸缓慢地向南推进。他们沿着撒哈拉沙漠的海岸线航行，陆地变得越来越热、越来越干燥，也越来越空旷。他们相信亚里士多德的观点，认为赤道带地区太过炽热，是不适宜人类居住的，所以，他们根本没指望会在那里发现人，并且，当他们沿着撒哈拉沙漠的海岸线航行的时候，情况似乎也的确如此。注但是，事实上，情况并非如此。1444年，他们到达佛得角，发现这片土地上到处居住着非洲人。佛得角又被称作“绿角”，绿色植被的出现标志着这里是干旱的撒哈拉沙漠的最南端。当然，假如葡萄牙探险家跟柏柏尔人和阿拉伯人关系好的话，那些常年带着骆驼商队穿行于撒哈拉沙漠做生意的柏柏尔人和阿拉伯人就能够告诉这些探险家真实的情况。当葡萄牙探险家继续沿着非洲海岸线探险的时候，他们发现所到之处都已经有人居住了。

现在，在葡萄牙探险家们曾经航行过的非洲海岸线上，科学家们有了许多新的地质发现。我们今天看这些发现，的确觉得新奇，也非常感兴趣，但是，假如当初在那里航行的葡萄牙探险家们知道这些情况，他们一定会惊讶万分，甚至完全无法理解。虽然现在这里是赤道，但是在大约4.5亿年前的奥陶纪时期和志留纪时期，非洲的这一部分还是在南极。20世纪60年代初期，法国地质学家们首次在阿尔及利亚撒哈拉沙漠的超级沙漠中心区域发现了属于奥陶纪的冰川沉积物；试想一下他们会觉得多么惊奇吧，因为当时大多数地质学家依然相信大陆永远不会移动！注这些冰川沉积物是地球对一个时代的记忆。在那个时间段里，冈瓦纳超大陆还是非洲的一部分，它开始穿过地球冰冻的南极迁徙。

葡萄牙人在非洲南端发现了好望角，之后，他们继续航行，穿越印度洋到达亚洲。所到之处，他们发现都有人类居住，但这并不奇怪，因为他们始终处在“旧世界之网”中。

同时，在15世纪初期，中国人正在进行真正意义上的海上远航。他们穿越印度洋到达非洲，随后到达印度尼西亚的部分地区。中国人的海上远航，其规模之大，是欧洲人或者其他任何国家的人都无法匹敌的。

麦克尼尔父子是这样描述的：

郑和（约1371-约1435年），航海家，在1405-1433年率领中国舰队进入印度洋。郑和的舰队拥有雄厚的支持，在规模上绝非大西洋的欧洲人所能企及。1415年的夏天，航海家亨利王子参加了一次葡萄牙探险队的探险航行。当他们接近摩洛哥的休达镇的时候，郑和正在位于波斯湾海口的霍尔木兹海峡，这是他率领的第四次探险航行。亨利王子距离他的国家约200英里，而郑和从他的始发地出发，已经航行了大约5000或6000英里。郑和率领的舰队中最大的舰船，其规模是哥伦布船队中最大船只的6~10倍，是1497年进行探险航行的约翰·卡伯特唯一的那艘船的30倍。哥伦布率领的船队进行的最大一次探险航行是他四次航行中的第二次，在这次航行中，他的舰队拥有17艘船以及大约1500名船员，而郑和第一次远征就有317艘舰船以及大约27000名船员。注

中国人拥有这么雄厚的实力，似乎应该远在欧洲人之前打破“旧世界之网”，但是，“旧世界之网”却并不是被中国人打破的。现在看来很明显，当时的中国人并不是在试图寻找新的地方。这些远洋航行从来就不是为了探索未知的世界；这些庞大的舰队在海上航行，一路上进行贸易。注一开始，我们似乎无法理解，在进行了一系列远洋航行之后，明朝政府于1433年终止了远洋航行。在郑和最后一次远洋航行之后，明朝不再进行远洋航行，甚至禁止建造远洋船只。中国的船只不再出现在其内海之外的大洋上，结果是葡萄牙人最终越过大洋，与中国进行交往。中国的远洋航行为什么戛然而止？关于终止的原因仍在讨论中，但对于本书正在讨论的主题而言，必须指出的是，中国的航海家把重点放在印度尼西亚和印度洋上，并没有发现一处规模相当大的有人居住的地方，因为他们仍然局限于“旧世界之网”中。当中国人退出这一领域的时候，探险航行就留给了欧洲人。

第一次真正突破“旧世界之网”是在1492年10月12日。这一天，哥伦布到达巴哈马的圣萨尔瓦多岛，这的确是对“旧世界之网”的第一次真正突破。对于哥伦布本人来说，他始终相信，他已经到达了印度，但是，他的同时代人很快便意识到，这是通往一个全新世界的大门。根据大陆漂移和板块构造理论，地质学家现在已经知道，位于古巴和大西洋之间的巴哈马群岛实际上原是西非的一条狭长的地带，与大陆断裂开，并被不断扩张的大西洋向西推动。所以，在15世纪末期哥伦布到达的这个地方，曾经是葡萄牙探险家们在15世纪中叶航行过的地方。

可以想象，当哥伦布发现这些岛屿上有人居住的时候，他并不感到惊讶，因为他从来没有放弃的信念就是他已经找到了亚洲。现在我们知道，对于“旧世界之网”里的人来说，哥伦布的这一发现是开拓未知的两大陆的开端。但是，我们必须认识到，新世界在他们看来，是自古就居住在那里的人民的家园，这是一个不可忽略的事实。随着欧洲人对新世界的不断探索，事情已经很明朗了，那就是，从阿拉斯加、纽芬兰岛到火地岛，美洲的两块大陆到处都有人类居住。然而，哥伦布发现的新大陆与他来自的大陆的确有着显著的不同。他们在这里看到的植物和动物与在欧洲和非洲大陆上看到的植物和动物都不一样。虽然可以肯定地说，这里的人属于智人，因为他们可以与欧洲人繁育后代，但是他们与欧洲人依然有些看似细微却明显的差异。等我们的讨论进行到本章结尾的部分，就能够理解这些差异是如何形成的了。

当哥伦布发现了巴哈马群岛的时候，或者在那之后不久，葡萄牙人向西绕了一个大大的弯路，借助有利的风向，从非洲南部返回欧洲。途中，他们偶然发现了陆地向东部凸出的巴西。虽然当时的葡萄牙人不可能知道，他们在巴西探索的其实是他们曾经在西非新发现的延续。正是巴西与西非海湾在形状上的契合，才使得佛拉芒制图师亚伯拉罕·奥特柳斯在16世纪——哥伦布发现新大陆后仅一个世纪——首次提出了大陆漂移的观点。后来，19世纪的法国地理学家安东尼奥·施耐德-佩莱格里尼和20世纪早期的德国气象学家阿尔弗雷德·魏格纳都提出了大陆漂移的观点。早期的计算机地图制图所做的拟合显示，巴西向东部凸出的部分与西非海湾的契合有着不可思议的精确性。这种极其精确的拟合为后来的研究者提供了先决条件，使得英国地质学家爱德华·布拉德、詹姆斯·埃弗雷德和艾伦·史密斯能够证实，大陆漂移真的发生过。(注)

最偏远的地方

大约在1600年，欧洲人发现的下一个主要地方是遥远的澳大利亚大陆。与美洲大陆一样，澳大利亚大陆也一直处于“旧世界之网”的外面。拿澳大利亚与印度相比，我们会发现一些有趣的地质可比性。二者都在大约1亿年前脱离了冈瓦纳古大陆的其他部分，向北漂移。印度板块漂移的速度相对快得多，漂移方向直指亚洲的南部海岸，因此大约在5000万年前，与亚洲大陆发生碰撞，推升喜马拉雅山脉，成为欧亚大陆不可分割的一部分，这样，智人在离开非洲后不久便已经在那里生活了。

澳大利亚大陆以更为稳重的步伐向北漂移，它沿着自己的轨迹超越了亚洲的最东端。在最近的地质历史中，澳大利亚大陆与印度尼西亚群岛发生了碰撞。当欧洲人到达澳大利亚的时候，他们发现，这片土地上到处都是原住民。今天的澳大利亚通过印度尼西亚群岛与亚洲相连，这些岛屿就像是分布在河水中的踏脚石一样，相互之间只有很短的水道隔开。现在我们回过头来看，在那里发现有人类居住依然不是件令人吃惊的事。尽管我们知道，那些最初迁徙到澳大利亚的人必须有能力在这片开阔的水域上穿越这些在地图上看起来狭窄的水道。

澳大利亚以东，横跨1000英里的开阔海域上，是真正孤立的新西兰群岛。而当欧洲探险家们在17世纪中叶偶然发现新西兰的时候，他们看到，那里也已经有人居住了，这些人是毛利人。那么，地球上有没有什么地方是很久以前人类还没有到达并定居下来的？(注)

也许在这些发现中，最令人震惊的发现是在18世纪。那时的欧洲航海家开始尝试着登上那些分布在太平洋中部极其遥远的群岛。与大西洋的岛屿一样，这些岛屿大部分是由地幔柱形成的火山岛。人们要想到达这些完全与世隔绝的岛屿，就必须在浩瀚无垠的海洋上熬过难以忍受的长时间的远洋航行；尽管如此，大多数适宜居住的岛屿都已经有人居住，甚至是极为偏远的。这就是为什么即使在今天，我们依然对人类在航海方面取得的成就感到震惊。正是因为人类在这方面不可思议的能力，才有了波利尼西亚人穿越广阔的、漫无边际的太平洋，到达那些完全孤立的岛屿，并在那里定居下来。

在19世纪和20世纪，欧洲人发现南极洲并对其进行科学考察。直到这个时候，他们才最终到达了另一个像冰岛一样的地方，一个没有人居住的并且也从未有过人类居住痕迹的地方。南极洲是冈瓦纳超大陆的一个断裂片，已经在南极附近停留了超过3.5亿年的时间，而其他的断裂片，如非洲、印度和澳大利亚，则向北迁移到气候较温和的区域。也许，这里没有人类居住并不奇怪，因为气候的确十分恶劣，生活资源极其匮乏，人类根本无法生存；即使是在今天，也需要配备强大的后勤保障，才能使得很少的人在这片冰雪覆盖的荒野中短暂地生活和工作。

至此，我们对如何发现地球上的人类分布及其分布情况做了简要的叙述，这是我们开始全球化探索必不可少的开篇。我们已经了解到了欧洲人的一系列发现，并且对于“旧世界之网”的人来说，这些被发现的地方地理位置十分偏远，居住着完全陌生的人；此外，还有那些很早就被

发现或者相对晚些时候才被发现的无人居住的地区——冰岛、格陵兰岛南部、大西洋上的一些较小的群岛和南极洲。随之而来的是一个显而易见的问题：所有这些人是什么时候又是如何到达这些遥远的地方的？他们来自哪里？与几乎其他所有物种不同，智人是如何变得无处不在的？

人类大迁徙始于何处？

从中世纪开始直到19世纪，基督徒们相信，人类的第一个家园是伊甸园，虽然伊甸园的位置从未得到确定。1859年，达尔文出版了进化论的著作，对这种长期以来形成的信仰进行了挑战，但是，很少有人能够接受进化论，更别提对进化论产生热情并追随这一理论。尽管如此，人类越来越热衷于寻找人类的起源地，这逐渐成为一个有趣的科学问题。1871年，查尔斯·达尔文接受了托马斯·赫胥黎的结论。赫胥黎是达尔文进化论的坚定支持者，他主张人类起源于非洲，因为现在，那里是类人猿的家园，而类人猿是与人类最相近的猿类。(注)他们的观点正确吗？

我们需要证据来佐证这一观点，而证据就是最古老的古人类化石。古人类是人类的祖先，他们的出现始于与黑猩猩一支的分裂。最早的石器也将提供重要的证据。人类骨化石一直非常罕见。在整个19世纪，几乎所有已知的少数几件人类化石都源自欧洲，这是因为，大多数对化石感兴趣的人都生活在欧洲。于是产生了一种偏见，导致一些人认为，人类起源于欧洲，而欧洲人当然认为，这是一个令人愉悦的观点。

然而，自20世纪开始，非洲已成为迄今为止人类化石的最大来源地，包括所有那些超过180万年的最古老的人类化石。(注)在“旧世界之网”中的各个地方，我们发现了同样古老的或者相对晚一些时期的人类化石——高加索地区的格鲁吉亚、中国、西班牙、印度尼西亚、德国，但是，在非洲发现的人类化石占据了主导地位。对此的解释似乎很简单：人类起源于非洲。大约从180万年前开始，至少有一次，也许有更多次，人类走出了非洲。

非洲现存最早的石器印证了这些化石。直到最近，已知的最古老的、最简单的工具被认为是奥杜瓦伊文化期的工具，出土于坦桑尼亚的奥杜瓦伊峡谷，并且与能人有关。我们知道，能人被认为是第一个属于人类的物种。不过，就在最近，在肯尼亚的洛迈奎遗址上，人们又发现

了一件更为古老的工具，这件工具可以追溯到330万年前。[注]在非洲及欧亚大陆都发现了相对晚些时候的更加复杂的工具。对非洲起源这一学说的进一步支持来自我们DNA的遗传记录，现代人类最大的遗传变异是在非洲被发现的。关于这一方面，我们将在下一部分做进一步的讨论。最近，有人认为，语言也起源于非洲，因为基于语言中所使用的发声的最大多样性也是在非洲被发现的。[注]

这样看来，似乎赫胥黎和达尔文的观点是正确的。但是，人类是如何离开非洲并扩散到世界其他地方的？关于这一点我们能够给出什么样的解释呢？尽管早期人类的分类是复杂的，并且是有争议的，而且是基于相当有限的化石收集整理，有人似乎依然支持这样的观点，即认为三种人依序出现在非洲。首先，大约从250万年前开始，出现了能人，能人或许是那些粗糙的、简单的奥杜瓦伊文化期石器的制造者。然后，大约在180万年前，出现了匠人，匠人精心制作了阿舍利文化手斧，这种手斧可能是用于屠宰大型猎物。今天，只有少数人会制作这种手斧，比如凯西·希克和尼克·托特，就像我们在第三章中看到的。最后，大约在20万年前，出现了智人，智人发展了复杂的文化以及一系列由石头和其他材质制成的先进的工具。

更为复杂的问题是，虽然能人依然生活在非洲，一些匠人和智人却离开家园，从非洲大陆迁徙出来。因此，人类学家认识到，走出非洲的是两种不同类型的人类——当然，也并不排除，每一种类型的人都有可能参与不同种类的人群，与他们一道离开非洲大陆。

匠人是第一批走出非洲的迁徙者。在时间上看，这一次迁徙要早得多，大概是在180万年到170万年前。这一观点是基于格鲁吉亚古人类学家戴维·洛尔德基帕尼泽（David Lordkipanidze）领导的团队对在高加索德马尼西发现的化石所做的分析研究。[注]鉴于证据的缺乏，关于第一次迁徙的情况是比较模糊的，依然存在争议，但是，似乎一些匠人向东迁徙，到达中国和爪哇，大约在150万年前进化为直立人。[注]另一些人向西迁徙到欧洲，从时间上看要相对晚些，这些人似乎进化成了一个大脑较大的物种，被称为海德堡人，随后又进化为著名的尼安德特人。现在，对于所有这些人种之间的关系仍然存在争议。遗憾的是，我们对于第一次人类大迁徙的了解极为有限，因为我们能够找到的相关化石实在太少。此时，我们中的有些人会想到DNA，但是事实上，DNA证据只能用于研究最近灭绝的物种谱系，不能用来研究任何像第一次人类大迁

徙这样的事件。

第二次走出非洲的大迁徙——迁徙者中包括智人——是人类一次伟大旅程的开端，把我们人类的不同物种带到所有的地方，后来的探险家们证实了这一点，因为他们几乎在世界各地都发现了这些人的后代。从时间上看，这一次的大迁徙要晚得多，可能是从6万年前开始的。因此，当我们的物种出现在欧亚大陆的时候，匠人及其后代已经在那里生活了150多万年。我们可以从他们所使用的工具中找到这些大迁徙的印记。例如，匠人的手斧是在意大利安科纳附近的亚平宁山脉东麓的沙石中被发现的，这些沙石是上一次间冰期期间从山上被冲下来的；尼安德特人的工具是在深谷中被发现的，这些深谷是在最后一次冰川推进过程中受到侵蚀形成的，这些工具的制造者可能在那里躲避寒风，而智人更为先进的工具则表明，在最后这次冰期结束后的气候温和时期，工具的制造者再次散居在这片高地上。[注]

但是，那些富有冒险精神的早期智人是如何离开非洲的呢？除了东北角之外，非洲大陆完全被大海包围，而东北角的出口路线要穿过撒哈拉沙漠和西奈沙漠，那里很难找到淡水。目前的观点是，走出非洲的迁徙路线可能在红海的两端。[注]

地质历史可以帮助我们解释，智人如何通过这两条线路逃离非洲这个封闭的大陆。在今天看来，由于沙漠极度荒芜，撒哈拉-西奈路线是一条令人望而生畏的途径。但是我们知道，在人类历史发展的近期，有一段多雨的间隔期，我们称作雨期。关于是否存在过雨期，我们可以从湿壁画和岩石雕刻上找到证据。在撒哈拉沙漠的岩壁上，有华丽的湿壁画和岩石雕刻，描绘当时的人和动物的生活。当然，画面上所展示的那些人和动物如果是处在现在的时代，则已经无法生活在那里了，必须像现在的人和动物一样，选择生活在非洲相对潮湿的地方。[注]持撒哈拉泵假说（Sahara Pump hypothesis）观点的学者认为，那时的人们在湿润时期被适宜的气候所吸引，向北进入撒哈拉，然而，当干旱时期到来时，曾经生活在那里的人们又不得不向南和向北迁移。这样，向北流动的群体便迁徙到了欧亚大陆。[注]

另一条路线是经过红海流入亚丁湾的拐角处。红海和亚丁湾这两处水道都是由于海底扩张形成的。这里的海底扩张大约开始于2500万年前，那个时期，阿拉伯从非洲分裂出来。现在，如果我们只是简单地看看海岸线，会感觉非洲和阿拉伯看起来并不像曾经结合在一起的样子；

之所以如此，是因为在阿拉伯从非洲分离期间，达纳基尔块体呈逆时针方向旋转。达纳基尔块体的东南端与阿拉伯一道移动，而西北端则一直与非洲大陆连在一起。这样，从地质学的角度来看，被称作阿法盆地的地势低的沙漠地带则成为红海和亚丁湾的一部分，但那时并没有被淹没。达纳基尔块体和阿法则起到了地质结构上的连接作用，在非洲和阿拉伯之间架起了一座地质桥梁，人类有可能就是借助这座地质桥梁离开了非洲。阿法对于理解人类历史也具有重要意义，因为正是在那里，科学家们发现了两块最重要的人类化石——正如我们在前一章所讲到的，可以追溯到440万年前的“阿尔迪”和可以追溯到320万年前的“露西”。

另一部分关于人类走出非洲的地质故事涉及狭窄的海峡，这一狭窄的海峡现在将达纳基尔块体与阿拉伯分隔开来。阿拉伯人称这个海峡为巴布-厄耳-曼德海峡，即“悲伤之门”，之所以称作“悲伤之门”，是因为那里的航道极其危险。但是，它似乎也象征着人类开始向世界各地进行令人震惊的、困难重重的大迁移。现在的“悲伤之门”的宽度为12英里，远小于红海和亚丁湾100~200英里的宽度，但是，现在“悲伤之门”的宽度对于当时那些可能只有原始木筏的人来说，即使不是无法穿越的，也仍然是令人望而生畏的通道。然而，在冰期，这条海峡可能会比现在窄得多，因为在那个时候，加拿大地区的大洋海水绝大部分还处于冰冻状态，海平面要比现在低出几百英尺。事实上，6万年前的迁徙发生在最近一次冰期，当时海平面较低，“悲伤之门”较窄，这使得穿越海峡相对要容易些。

无论是西奈半岛的线路还是巴布-厄耳-曼德海峡的线路，这两条走出非洲的线路都是最精彩的例子。它们有力地说明了地质历史如何主导或影响人类历史，因此，这些也成为大历史“博物馆”中主要的“陈列品”。

人类基因的进化记录

显然，我们下一个要探讨的问题必然是关于我们的祖先在世界各地的迁徙路径。能够回答这一问题的人类化石实在是少之又少，而石器和其他文物也只是对此稍有补益。但是，科学研究一直在进步，向我们展示新的发现。在一个令人兴奋的发展过程中，遗传学家们发现，他们可以使用从我们的DNA中获取的信息来帮助我们了解全球迁徙的路径和时

间。在上一章中，我们了解到，人类如何利用DNA来发现物种之间的关系，以显示每个物种在生命树中的位置，并了解分支点的年代。我们通过这种方法，比较不同物种之间的整个基因组，或者大部分基因组。

然而，当我们使用DNA信息追踪人类迁徙时，情况就大不相同了，因为我们都属于同一物种，个体之间只有细微的遗传差异。另一个复杂的事实是，我们每个人都通过基因重组从父母双方继承基因，使我们基因组中的微小差异不断发生变化。那么，我们如何区分从父母双方继承的基因差异和在演化过程中积累下来的基因差异呢？[注]

幸运的是，这个问题有一种解决方案，事实上有两种解决方案。我们的DNA有两部分，这两部分在世世代代的延续过程中并不重组。其中之一是线粒体DNA，早在人类历史伊始，它就以共生体的形式进入我们的细胞，并继续将其DNA从一代传到另一代，独立于细胞核中的DNA。线粒体DNA只通过母亲传递，所以每个孩子都会有与母亲一模一样的线粒体DNA，除非在繁殖过程中发生某种突变。父亲对线粒体没有贡献DNA，所以线粒体DNA被保存下来，当然不能排除发生突变。

另一种解决方案是使用Y染色体上的DNA。只有男性携带Y染色体，所以没有来自母亲的贡献。除了偶尔的突变，这种DNA在男性中也是代代相传。由于女性没有Y染色体，我们无法从她们身上直接了解到她们的男性祖先的DNA结构，但是，如果她们有兄弟或者伯伯和叔叔，我们就可以发现她们的男性祖先的DNA结构了。

所以，我们有两个追寻我们人类祖先的示踪剂，女性方面的线粒体DNA和男性的Y染色体DNA。由于这些变化只伴随着罕见的突变——这一突变会传播给所有的后代，不同的人在这两种DNA上的记录略有不同。这些细微的差异都没有对承载者继续成功繁殖造成问题。正如基因人类学家斯宾塞·威尔斯（Spencer Wells）所说："如果你和别人共用一个标记，那么你就一定在过去的某个时间点上与其共有一个祖先。"[注]

每一种差异都可以追溯到出现标记的第一个人，并且通过关注在同一个地方生活了很长时间的人群身上的标记，遗传学家们可以重建每个标记的起源地点。标记出现的顺序也可以得到确定，因为较早期出现的标记比较晚期出现的标记更广泛。然后，科学家们就可以估算出标记出现的大致时期，最终展示出我们的祖先在人类大迁徙时期所遵循的迁徙路线。

现在正在进行一项庞大的研究，就是利用线粒体和Y染色体DNA中的标记，来追踪我们人类大迁徙的路径。这一基因组研究项目由斯宾塞·威尔斯主持，主要依靠来自原住民的DNA追踪远古时期人类大迁徙的路径。这一研究也为非本地的人群提供了一个机会，去了解他们的祖先来自哪里。

虽然细节模糊，日期也不确定，但是一幅展现我们祖先大迁徙的总的线路图开始显露出来。似乎有一条早期的迁徙路线，向东沿着阿拉伯和印度南部海岸，穿过印度尼西亚，进入澳大利亚，其分支向北沿着亚洲的东部边缘，穿过白令海峡，进入美洲。另一条路线穿过中东和亚洲的中心地带，这条路线的分支比较复杂，有通向欧洲的，有经过亚洲北部，然后穿过白令海峡进入美洲的。不同的分支通向不同的地方，地中海、印度、东亚，最后穿过广阔的太平洋，到达最偏远的岛屿。

这幅线路图非常复杂，难以用文字的形式进行简要的概述，但是目前，我们可以通过网上的相关地图对人类大迁徙路线做更多的了解。(注) 这是一项非常积极的和具有开拓性的研究，我们可以期待很快就会出现对人类大迁徙基因记录的更进一步的研究成果，甚至是出现重大的变化。

现在，如果我们遵循本书的一个主题继续探讨，又一个值得思考的问题跃然纸上：地质历史上发生的事件是如何影响甚至控制了我们人类向世界各地的迁徙的？当然，在最后一个冰期，海平面较低，我们人类的大部分迁徙都发生在这一时期，这一点十分关键。海平面较低可能会使一些水道变窄，易于穿越，比如“悲伤之门”、通往澳大利亚的通道以及白令海峡。大约在1万年前，加拿大冰原融化，导致海平面上升。上升的海水淹没了人类大迁徙时沿着海岸线走过的线路，这一变化使得我们现在很难找到直接证据，来证明人类祖先曾经是如何通过这些地方的。

同样令人感兴趣的是，我们可以推测反事实历史，提出问题。假设我们这一物种出现在超大陆旋回的另一个阶段，那么人类的迁徙会是什么样子？（关于这方面，请阅读第四章）假设我们人类生活在一块巨大的大陆，就像泛大陆一样，中间没有海洋，情况会怎样？或者，假设地球上的大陆比我们现在看到的大陆之间分隔的距离更大，我们的祖先不可能离开非洲，也可以这样说，在帆船时代到来之前，我们的祖先无法到达其他任何大陆，如果是这样的话，具有先进技术的文明社会能发现

大片无人居住的地方吗？当然，对于反事实历史提出的问题并不会有真正的答案。尽管如此，这些问题的确让我们意识到地质历史对人类历史的影响有多大。

我们是如何旅行的？

不难想象，人类的迁徙是具有目的性的，就如同今天的我们每一次旅行都会有一个明确的目的一样。但是，对于当时向地球各处迁徙的我们的祖先来说，他们当然不知道具体要到哪里去，因为他们所去的任何一处，在他们到达之前，都不曾有人去过。考古学家阿尔伯特·艾默曼（Albert Ammerman）和人口遗传学家路易吉·卢卡·卡瓦利-斯福尔扎（Luigi Luca Cavalli-Sforza）撰写了一部极有影响的书。他们在书中写到，当人类开始大迁徙的时候，他们甚至都不需要有什么意图。[注]一代又一代，人类都是朝着有利于生存和发展的方向，在一点点地扩大范围。我们只要这么想，就可以解释人类是如何到达地球上几乎所有可居住的地方的。

因此，大约从500万年前到5000年前，人类开始在这个地球上徒步迁徙。正是这一令人称奇的大迁徙，才使我们人类几乎遍及整个地球，而人类大迁徙几乎全部是靠徒步完成的。人们随身携带的东西都是必不可少的——婴儿、石器、武器、食物、衣物、躲避风雨或危险的遮蔽物，最后还有火种。就这样，在过去的6万年里，人类靠着大迁徙，几乎使整个地球成为人类的家园，这是多么不可思议的成就，在人类历史上烙下了不可磨灭的印记。

也许，人类的第一种可以辅助步行的交通工具是木筏或船只。虽然我们没有找到有关早期的木筏或船只这类考古证据，但是根据DNA研究推断，智人在穿越“悲伤之门”和通过印度尼西亚群岛与澳大利亚之间的水域时，似乎需要借助木筏或船只。当然，我们不应该想象，人类只是为了穿越水道才发明了船只；我们倒是应该这样想象：当时的人们逐渐学会了制造船，用来捕鱼。最近的一项考古研究表明，人们到达地中海诸岛——如塞浦路斯——比以前认为的要早得多。[注]

人类的造船技术越来越先进，船的规模越来越大，功能也越来越多。尽管造船的技术在世界不同地区的发展情况千差万别，但这已经是

人类历史不断发展的一个趋势。先进的造船技术已经能够生产出规模各异、用途广泛的船只，从独木舟、木筏和皮划艇，到中国和欧洲的小型和大型的桨式帆船，到波利尼西亚人用来横渡太平洋的舷外支架独木舟，到由蒸汽机和柴油机驱动的钢船，再到核潜艇和巨型超级油轮。可以肯定地说，小船参与过一些史前的迁徙，并且，在探险家们海上探险航行之后，世界被重新连接起来，人们才有可能乘坐大型帆船和大型轮船迁徙到新大陆和澳大利亚。

人类在交通运输方面的下一个重大进步是对马的驯化以及将其作为运输工具来使用，这大大加快了我们的生活节奏。[注]在旧石器时代，猎人们猎杀野马作为肉食的来源。考古学家们在欧洲南部梭鲁特文化的露营地发现了大量马骨碎片，梭鲁特文化属于大约2万年前最后一次冰期的顶峰时期。目前我们尚不清楚，人类是从什么时候，又是在什么地方，开始驯化野马的，但是，人类极有可能是在欧亚大草原上开始对野马进行驯化的。[注]被认为最有说服力的观点是，公元前4000年中期，哈萨克斯坦人开始驯化野马，他们用马运输和供应马奶，他们这样做“与印欧语系的语言和文化传播、青铜冶炼技术和特殊形式的战争有关”。[注]几千年来，马匹始终是我们人类长途陆路运输的主要工具，加快了我们的运输效率，这种运输方式一直延续到20世纪。

随着工业革命和运河的开凿——比如伊利运河——以及铁路的修建，交通运输业飞速发展，取得了巨大的进步。在美国，交通运输的大力发展，极大地鼓励了西部大迁徙运动，使得西部人口迅速增长。在20世纪，我们有了飞机，实现了空中运输，随后我们甚至进入了太空。现在，我们加强了全球的联系。很难想象，就在600年前，我们这个世界还处于隔离的状态。

深刻理解

如果我们对哥伦布于1492年第一次登上那个他称作圣萨尔瓦多的小岛非常感兴趣的话，我们自然就会带着极大的兴趣去进一步了解各种各样的迁徙，去深刻理解这些迁徙是如何影响我们这个世界的。哥伦布和他的人会震惊于这些奇怪的动物和植物、奇怪的人以及那些人所使用的奇怪的语言和他们表现出来的奇怪的习俗。但是，这些被欧洲人视为奇怪的植物、动物、人和习俗与他们在他们所熟悉的环境中所见到过的一

切到底有什么不同呢？

的确，这个岛上的植物和动物与欧洲是不同的，因为新大陆在大约1.8亿年前就已经脱离旧大陆，而随着大西洋的扩张，新大陆和旧大陆逐渐隔离开来。将近2亿年的时间足以让非常缓慢的进化过程产生完全不同的后代。在不同地域的人群之间是浩瀚的海洋，海洋将他们隔离开并保护了他们各自的特征。

圣萨尔瓦多小岛上的居民看起来与欧洲人有些不同，但他们仍然可以与欧洲人通婚并繁殖后代，所以他们与欧洲人是同一物种——智人。但是，在6万年左右的分离过程中，由于人类持续不断地向世界各地迁徙，彼此几乎没有联系，人类之间会产生生物学上的一些细微差异。因此，通过两个不同时间尺度的生物进化，动物和植物的差异以及人类的差异由此产生。

一方面，文化差异体现在科技方面，如船舶与独木舟的对比；另一方面，文化差异也体现在语言上。即使到了今天，语言学家们很难在美洲原住民的语言与旧大陆的语言之间找到任何共同点。这些差异不是由于生物进化造成的，而是由于文化的进化造成的。6万年的时间的确可以产生巨大的差异。

历史在发生着飞速变化，这表明，我们人类已经跨入了一个崭新的大历史范畴，其明显的特征就是：我们拥有了更大的思维复杂的大脑。在下一章中，让我们站在一个大历史的角度，审视使我们成为人类的发展过程，以及地球历史是如何搭建这样一个平台，使得这一进程实现的。

1. McNeill,J.R.,and McNeill,W.H.,2003,The human web,New York,W.W.Norton,350 p.See their map on p.159.

2. Marques,A.P.,1990,Portugal e o descobrimento do Atlântico/Portugal and the discovery of the Atlantic,Lisbon,Imprensa Nacional,Casa da Moeda,117 p.

3. Leitão,H.,and Alvarez,W.,2011,The Portuguese and Spanish voyages of discovery and the early history of geology:Geological Society of America Bulletin,v.123,p.1219–1233.

4. Debyser,J.,de Charpal,O.,and Merabet,O.,1965,Sur le caractère glaciaire de la sédimentation de l’Unité IV au Sahara central:Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l’Académie des Sciences,v.261,no.25,p.5575–5576.

5. McNeill,J.R.,and McNeill,W.H.,2003,op.cit.,p.166.

6. Dreyer,E.L.,2007,Zheng He:China and the oceans in the early Ming Dynasty,1405–1433,New York,Pearson Longman,238 p.

7. Bullard,E.C.,Everett,J.E.,and Smith,A.G.,1965,The fit of the continents around the Atlantic:Royal Society of London Philosophical Transactions,Series A,v.258,p.41–51.

8. Anderson,A.,Barrett,J.H.,and Boyle,K.V.,2010,The global origins and development of seafaring:Cambridge,UK,McDonald Institute for Archaeological Research,330 p.

9. Klein,R.G.,2009,Darwin and the recent African origin of modern humans:Proceedings of the National Academy of Sciences,v.106,no.38，p.16007–16009.

10. 这些最古老的化石来源于格鲁吉亚的德马尼西遗址：Messager,E.,Nomade，S.,Voinchet,P.,Ferring,R.,Mgeladze,A.,Guillou,H.,and Lordkipanidze，D.,2011,^{40}Ar/ ^{39}Ar dating and phytolith analysis of the early Pleistocene sequence of Kvemo-Orozmani (Republic of Georgia);chronological and palaeoecological implications for the hominin site of Dmanisi:Quaternary Science Reviews,v.30,no.21–22,p.3099–3108。

11. Harmand,S.,Lewis,J.E.,Feibel,C.S.,Lepre,C.J.,Prat,S.,Lenoble，A.,Boës,X.,Quinn,R.L.,Brenet,M.,Arroyo,A.,Taylor,N.,Clément，S.,Daver,G.,Brugal,J.-P.,Leakey,L.,Mortlock,R.A.,Wright,J.D.，Lokorodi,S.,Kirwa,C.,Kent,D.V.,and Roche,H.,2015,3.3-million-yearold stone tools from Lomekwi 3,West Turkana,Kenya:Nature,v.521，p.310–315.

12. Atkinson,Q.D.,2011,Phonemic diversity supports a serial founder effect model of language expansion from Africa:Science,v.332.

13. Lordkipanidze,D.,Jashashvili,T.,Vekua,A.,de Leon,M.S.P.，Zollikofer，C.P.E.,Rightmire,G.P.,Pontzer,H.,Ferring,R.,Oms，O.,Tappen,M.,Bukhsianidze,M.,Agusti,J.,Kahlke,R.,Kiladze,G.，Martinez-Navarro,B.,Mouskhelishvili,A.,Nioradze,M.,and Rook，L.,2007,Postcranial evidence from early Homo from Dmanisi,Georgia:Nature,v.449,no.7160,p.305–310.

14. 这里可能会产生一些混淆，因为直立人化石在中国和爪哇早在19世纪晚期就已经被发现了。当20世纪在非洲发现类似的化石时，这些化石最初也被称为直立人，而我们在几十年前就已经形成了人类起源的概念，对人类的进化顺序——能人——直立人——智人——已经很熟悉了。目前的用法是将匠人这个名字应用到直立人身上，比如在非洲发现的人类化石就是这么称呼的，而把直立人看作从非洲迁徙到东方的匠人的亚洲后裔。

15. 有关考古现场发现石器这一令人感兴趣的结果，我是从辛戈里国家考古博物馆的保罗·阿皮尼纳西（Paolo Appignanesi）和科尔迪乔地质观测站的蒙塔纳里那里了解到的。

16. Beyin,A.,2006,The Bab al Mandab vs the Nile-Levant:An appraisal of the two dispersal routes for early modern humans out of Africa:African Archaeological Review,v.23,no.1–2,p.5–30.

17. Lhote,H.,1959,The search for the Tassili frescoes;the story of the prehistoric rock-paintings of the Sahara,New York,Dutton,236 p.

18. Fagan,B.M.,2009,Floods,famines and emperors:El Niño and the fate of civilizations,New York,Basic Books,p.81.

19. 关于这些内容的详细解释，请参考：Wells,S.,2007,Deep ancestry，Washington,D.C.,National Geographic Society,247 p.

20. Wells,S.,2007,Deep ancestry,Washington D.C.,National Geographic Society,p.40.

21. https://genographic.nationalgeographic.com/human-journey/.

22. Ammerman,A.J.,and Cavalli-Sforza,L.L.,1984,The Neolithic transition and the genetics of populations in Europe,Princeton,Princeton University Press.

23. Ammerman,A.J.,2014,Setting our sights on the distant horizon:Eurasian prehistory,v.11,no.1–2,p.203–236.

24. Francis,R.C.,2015,Domesticated:Evolution in a man-made world,New York,W.W.Norton,484 p.,Ch.11.

25. Anthony,D.W.,2007,The horse,the wheel,and language,Princeton，Princeton University Press,553 p.,Ch.10.

26. Outram,A.K.,Stear,N.A.,Bendrey,R.,Olsen,S.,Kasparov,A.,Zaibert，V.,Thorpe,N.,and Evershed,R.P.,2009,The earliest horse harnessing and milking:Science,v.323,p.1332-1335.

27. Crosby,A.W.,1972,The Columbian Exchange:Biological and cultural consequences of 1492,Westport,Conn.,Greenwood Pub.Co.,268 p.

第九章　人类行为

语言、火与工具

是什么使我们成为人类？正如我们在前一章所讨论的，除了大陆冰川以及其他几处极其荒凉的地方之外，人类这一物种生活在几乎所有的陆地上。正是由于我们拥有惊人的大脑，才有能力学会许许多多生活技能，在各种各样的环境中生存下来。人类学家特伦斯·迪肯（Terrence Deacon）给出了精辟的总结：“在生物学上，我们只是另一种猿。在精神层面上，我们是一种生物。”注

这句引文有助于我们深刻理解人类这一物种。随着人类的出现，我们已经跨过了大历史的一个重要门槛，其重要性不亚于早期任何一个关键的节点，比如，恒星中元素的产生，像地球这样的固体行星的形成以及生命的出现。注但是，拥有一个强大的大脑并不是人类跨越这样一个关键历史门槛所需要的全部条件。我们来想象一下，一台超级计算机可能有输入信息的功能，但是却没有输出的设备，也没有与其他计算机进行关联的方法。计算机可能会做出惊人的计算，但是计算结果只能留在里面，没有人会知道它们。

然而，就如同计算机安装上输出设备并被连接在网络上一样，我们能够用双手做事情，能够使用复杂的、具有象征意义的语言进行交流。这样，我们就能够远远超出其他任何物种靠它们的大脑所能做到的事情。在没有任何帮助的情况下，没有谁能够从零开始，构想、建造和使用星际飞船，甚至是一把简单的螺丝刀。但是，我们这一物种之所以可以完成这样的壮举，是因为我们可以相互切磋技艺，写下我们所学到的知识，并且是建立在前人所取得的成就的基础上。语言使大卫·克里斯蒂安所说的“集体学习”（collective learning）成为可能。注正如艾萨克·牛顿最著名的一句话：我们站在巨人的肩膀上。

作为大历史学家，我们当然非常想了解语言的起源及其早期的发展历史，从几千年前我们的祖先开始使用的简单语言到今天庞大的语系：印欧语系、尼日尔-刚果语系、巴布亚语系、美洲印第安语系和亚非语

系。令人遗憾的是，要想知道语言的起源及其发展历史是非常困难的，这甚至被称为“科学研究中最困难的问题”。(注)

之所以认为是“最困难的”，主要有两方面的原因：第一，与我们在这本书中所讨论的有关地球与生命的大部分历史不同，在发明文字之前，语言没有留下任何实体的痕迹；第二，虽然我们的确有证据证明，祖先的语言与他们后代的语言在词与词之间存在相似性，这种相似性允许我们重新建构已经灭绝的语言，比如原始印欧语系，但是重新建构的语言并不容易确定年代，并且这种方法在几千年前根本不起作用。问题是，语言的发展变化非常迅速，想想看，现在说英语的人会很难以理解乔叟那个时代的中古英语，而从时间上来看，乔叟的中古英语仅仅是在600年前。再来看看，我们完全读不懂《贝奥武甫》（*Beowulf*）的古英语，而古英语距离中古英语的时间也只不过是在几个世纪之前。由于语言变化迅速，或许相关语言之间明显的词汇相似性在几千年前就不可靠了。确定语言的起源是极其困难的；它可能早于4万年前的非凡艺术作品，可能并不比330万年前最早的石器更古老——具有不可估量的不确定性！(注)

人类的语言是什么时候开始的？在走出非洲，向世界各地迁徙的过程中，我们的祖先使用什么语言？这始终是我们渴望知道的。但是，即使有关语言起源的研究会有新的进展，我们的期望似乎在近期依然不太可能得到满足。这多么具有讽刺意味啊。因为自从人类发明了文字，到目前为止，语言已经成为我们了解人类历史最重要的方式，以至于许多人认为——包括许多专门从事人文学科研究的学者——唯一的历史就是书写的历史。

在人类发明文字之前的语言历史是模糊的，(注)而有文字的语言历史则是极其丰富的。(注)然而我们可以追溯到人类起源的另外两个独有的特征——使用火和制作工具。这两个特征使我们区别于地球上其他任何物种。

地球上的火的历史

火的使用并不是经常被列在至关重要的人类发展历史的清单上，但是，当我们观察是什么使得我们区别于其他物种、成为人类的时候，掌

握了如何使用火可能是我们人类这一物种最为明确的特征。毕竟，鲸鱼可能有类似于语言的某种交流形式，黑猩猩可以用棍棒作为原始的工具来帮助它们收集食物。但是，似乎所有生活在这个世界上的人类群体都使用火。除了人类这个物种，没有其他任何物种掌握了使用火的方法；或者说，至少没有其他物种是以积极的、有计划的、有目的的方式使用火。(注)

因此，在这里，让我们从历史的角度来思考和探索人类对火的利用。(注)谈到这方面，还是让我们首先提出问题，这是一个恰当的方式，来开始一个话题：地球上从什么时候开始出现了火？在我们这个星球上，从什么时候开始有了可能燃烧的东西？

今天，地球上到处都是各种类型的火，既有我们人类有目的地生成的火，也有并非我们人类所为的自然的大火。因此，当我们思考什么是火以及在什么样的条件下可以产生火的时候，我们惊奇地发现，在我们这颗星球上，在任何东西都有可能燃烧之前，大约90%的地球历史都已经成了过去！

这并不是说，早期的地球上没有巨大的热源。从开始地球历史以来，火山长期喷发而产生的熔岩，雷电击打岩石而生出火花，小行星和彗星的撞击导致岩石熔化甚至蒸发，而这些甚至是在地球开始创造历史的同时就出现了。地质学家们根据他们在研究早期地球历史过程中获得的证据，甚至提到在大撞击之后的“岩浆海洋”。正如我们在第二章中所讨论的，目前关于月球产生的最有说服力的解释是，当地球受到一颗像火星大小的物体撞击，大部分或者全部熔化时，月球由熔融并被抛入轨道的岩浆结合而形成。但是，这些熔岩的出现都不是由大火引起的。

我们说到的火，实际上是某种燃料与氧气迅速结合，在燃烧的过程中释放出热量。有各种各样的燃料可以迅速氧化并生成火——木材、木炭、泥炭、煤、天然气、石油和氢气。现在，我们过度使用这些燃料，导致人类必然面临一个严峻的问题，这就是，我们应该如何以及在何处获得足够的燃料，以满足我们维持人类文明所依赖的不同种类的火？我们面临的第二个问题是，燃料在燃烧过程中产生的二氧化碳开始引起气候变化，而我们如何应对气候变化？因此，关于地球上是什么时候才开始出现火这一历史问题，的确可以归结为，当氧气和燃料变得可利用的时候，便产生了火。

首先，我们来研究一下氧气的历史。[注]在早期地球的大气层中，不存在游离氧，事实上，在我们太阳系中，地球是唯一一颗有超过微量的大气氧的行星，甚至现在依然如此。乍一听，这似乎搞得我们一头雾水，因为就整体而言，氧气是地球上含量非常丰富的元素。正如我们在第三章中讨论过的，地球的四大元素是镁、硅、铁和氧。但实际上，地球上所有的氧都是与地壳和地幔的固体矿物质结合在一起的，因为氧元素将这四种元素中的另外三种元素结合在一起。这一点，我们可以从橄榄石的分子式——$(Mg, Fe)_2SiO_4$——中看到。橄榄石是地幔的主要矿物质之一。这里，四种主要元素都有，氧被锁定在固体中，不可能成为大气中的气体。

氧也是水的主要组成部分。我们知道，在早期的地球表面，水就已经四处流动并蒸发形成云。可以说，这里的氧至少不是存在于固体之中，但是，水中的所有氧都被黏附于水分子中，与氢结合，直到蓝细菌进化，能够通过光合作用从二氧化碳和水中产生出自身的有机物质，并释放出废弃物，这一废弃物就是游离氧。那么，地球上是从什么时候开始有光合作用的？确定其起源非常困难，但是至少可以说，光合作用很可能在25亿年前就已经开始了，是在地质学家们称作元古宙的早期，也许更早。

因此，游离氧是光合作用释放出来的副产品，随着游离氧的出现，大气中的含氧量迅速上升到目前的水平。情况真的是这样吗？显然不会这么快！正如我们在第七章中所谈到的，光合作用产生氧，氧必须使地球表面“生锈”——将大量还原铁转化为氧化铁，此后，大气中才能积累大量氧气。可能需要大约15亿年的时间，大部分还原铁才能够被氧化。今天，大部分工业用途的铁来自大量的红色氧化铁沉积物，后者被称为带状铁矿层，形成于漫长的全球生锈时期。

最后，在10亿年前的某个时期，生锈过程最终完成，大气中氧气的含量开始上升。那么，到了这个时候，地球上就可以有火了。情况真的是这样吗？不是。此时，地球上依然没有火，因为还没有什么物质可以燃烧，所以，地球需要开始制造燃料。

大部分有机物最初是由光合作用产生的。如果有机物是干燥的，就可以燃烧；但是在很长一段时间里，地球上几乎所有的生命都生存在海洋中，不能燃烧。只有当植物进一步进化，可以在陆地上生存的时候，地球上才有可能出现火。第一批陆地植物大约出现在4.25亿年前。海洋

中的植物，比如海藻，可以利用海水的浮力来支撑，但是，陆地植物需要生长出强壮的枝干来支撑它们。这就是树木的机能，它反过来使地球上第一次真正的火灾成为可能。从大约45亿年前开始形成我们这个星球到不足4.45亿年前的志留纪，地球历史的90%左右必定属于地球上产生火之前。一旦存在产生火的可能性，雷电和火山爆发都将引发火灾。最初，铁的生锈过程使大气中的氧含量非常低。火在持续不断地影响空气中的氧含量，因为氧含量越高越容易引发火灾。通过燃烧，大气中的氧含量降低，达到目前氧含量在20%左右的稳定水平。

因此，在近5亿年的生命历史进程中，陆地植物和陆地动物与火共同进化。火既是一种危害，同时也是一种幸事，甚至有些地中海和加利福尼亚的植物已经适应了频繁的野火，如果没有火的干预就不能发芽生长。

火与早期人类

今天，野火对人类是一种威胁，因为我们经常在野火多发的地方建造永久性建筑物，使用的材料多为易燃性的。在现代化社会，发生在城市和农村的火灾每年都会造成巨大的损失。有趣的是，我们会认为，对于我们早期的人类祖先来说，野火的益处可能大于危害。当然我们并不否认，火灾对于任何被困在路上的狩猎者来说都是一场灾难。尽管如此，我们还是这样来想一想，如果我们站在火的旁边而不是置身火中，火带给我们的好处的确很多……

早期的人类没有永久性的建筑物，一群狩猎和采集野果的人不会跟我们现在一样，由于火灾而面临着失去宝贵财产的危险。在一场大火中，狩猎和采集野果的人会发现猎物正在拼命奔逃，而这时正是猎人们容易捕食猎物的好机会。那些在火灾中没有逃脱出来的动物给人类提供了机会，让人类第一次品尝到熟肉的味道。熟肉比生肉味道更可口，也容易消化；并且，与生肉相比，熟肉可以长时间储藏。随着大火的熄灭，将有燃烧的余烬，这使人们在寒冷的夜晚保持温暖。人们可以保护火种，调节火的大小，让火持续很长时间，以便为人类提供光和热，并保护人类在黑暗中不受野生动物的攻击。火还可以将植物中的养分循环到土壤里，使得土壤肥沃，从而保证可食用的野生植物得以生长，有利于人类后来的农业生产。

学者们研究火的应用历史，把人类对火的使用分为被动用火和主动用火。被动用火是指人类遇到由自然原因引起的火灾并对火加以利用，这样也许可以持续到它自然熄灭，或者用干树枝续火，刻意保护它，以便尽可能长时间保持其燃烧状态。1981年，有一部令人回味的电影，名字叫《火之战》（*Quest for Fire*），讲述了一群狩猎和采集者遭到突袭，他们精心看护的火种熄灭了，于是不得不踏上寻找新的火种的征程。

后来，人们学会了随心所欲地生火，旋转一根棍子或者通过击打燧石产生火花，这就是我们所说的主动用火。人类学会了保存火种，在那次划时代的事件之后的数万年里，我们已经发明了许多使用火的方法。有趣的是，想想人们做过的所有实验，不管是有意的还是无意的，都非常有趣，这些实验教会了我们如何利用火，以及如何避免火带给我们的所有危险。有一点我们是十分清楚的，那就是，每一个活着的人都是无数祖先的后代。我们的祖先使用火，但他们却并没有因此而遭到灭绝，而是一代又一代地繁衍下来。当然，人类在学习如何安全有效地使用火的漫长过程中，一定有很多人因为火灾没有幸存下来。也许，父母不得不警告孩子们不要玩火，这种警告一点也不奇怪。这可能是我们几千年来养成的习惯；正是在这一漫长的学习过程中，我们经历了无数次失去生命的失败和教训，才掌握了如何安全、有效地利用火。

人类对火的掌握是一个漫长的、意义非凡的发展过程。毫不夸张地说，这是人类造就的一个传奇。美洲原住民有一个传说，讲到乌鸦原来是白色的。有一次，白乌鸦从森林大火中带出一束火，送给人类，从此，人类有了火，而白乌鸦则被火冒出来的浓烟熏黑了，变成了黑乌鸦。还有一个希腊传说，讲的是普罗米修斯偷取众神之火送给人类。

人类用火技艺的不断提高

一个人一般至多能活一个世纪，因此，从人类的角度来看，我们也许是在50万年前开始使用火，这在时间上似乎非常遥远。但是，从地质学的角度来看，100万年是基本的时间单位，更像是昨天发生的事。我们以此作为切入点来思考，在如此短的时间内，我们人类已经掌握了使用火的精湛技艺，这的确令人难以置信。

在50万年的大部分时间里，我们人类都在学习使用火的一些最基本

的知识——如何保存依然燃烧的火焰，如何重新生火，如何使用火来保暖，如何使用火来烹饪，以及如何在使用火的过程中不被烧伤甚至烧毁。试想一下，在逐渐掌握用火技艺的过程中，有多少早期人类因火而丧命。即使在今天，对许多人来说，每年发生的火灾依然是致命的。让火按照我们的意志为我们服务，这是一项长期而艰巨的任务，也许只有人类这个物种才能够做到，这一点并不奇怪。

随着人类掌握了使用火的基础知识，我们扩大了对火的使用范围，发现了燃料在快速氧化过程中会产生各种各样的其他用途。比如，先说说烹饪。也许，人们最初是在明火上烤肉或者植物的根茎，但是今天，我们可以选择蒸煮，或焙烤，或煎炒，或煸炒，或烘烤，或用微波炉烹调我们的食物。食物并不是唯一需要用火来加工的东西。人类在使用火的过程中发现，可以将黏土做成有用的形状，然后在火中烧制，这样，它会变得坚硬，永久保持被火烤制之前的形状。由此，我们逐渐有了各种各样的陶器——盘子、杯子、炊具、灯、水壶、水槽、浴缸、坐便器、瓷砖、烧砖，甚至还有能够保证宇宙飞船穿过大气层重返地球的耐热砖。

人类最初使用火，主要是烹饪和烧制陶器，使用木柴作为燃料就可以了。但是人们逐渐发现，更炽热的火可以用来做许多其他事情。普通石英可以被熔成玻璃，做成各种形状，为人类所用。我们想一想，都有哪些东西是由玻璃制成的——普通的窗玻璃和彩绘玻璃、玻璃珠、装饰品、饮水杯、眼镜、显微镜镜头、瓶子、电绝缘体以及今天我们使用的触摸式屏幕。更炽热的火也可以用来从金属矿石中提炼我们需要的金属。很早很早以前，我们的祖先提炼出铜和锡，于是出现了我们称为青铜时代的一个历史阶段；之后，我们的祖先使用更加炽热的火提炼出铁，人类历史便进入了铁器时代。今天，地质学、采矿学和冶金学为我们提供了如何使用金属的方法；几乎所有列在元素周期表中的金属，我们都已经知道如何使用。(注)人类需要更加炽热的火，这导致人们开始寻找比普通木柴更优质的燃料。也许，最先被使用的可以产生更加炽热的火的燃料是木炭；我们当然很想知道，制作木炭的过程是如何被发现的。木炭的制作方法听起来像是一个悖论。如果在可控制的条件下，部分燃烧木柴，就会得到木炭。而木炭这种燃料，其燃烧的热度比我们燃烧其他任何普通木柴要高得多。那么，是谁发明了这个方法呢？这个秘密显然可以从使用火的人那里找到。在烧制木炭的过程中，我们要把木头中的水分弄出来。如果我们的处理方法得当，我们最后会烧制出高纯度的碳。这就是为什么木炭在燃烧时会这么炽热，因为在燃烧的过程

中，没有热量是用来驱赶水的。在世界上的许多地方，人们依然使用传统的方法烧制木炭：将木柴精心摆放成一个木堆，把土覆盖在木堆上，然后，在土上戳几个洞，这样可以使少量的空气进入木堆中。将木柴点燃，在燃烧过程中，从这些洞中释放出蒸汽，木柴中的水分便被慢慢地排放出来，到最后，只剩下碳了。

烧制木炭，使之成为优质的燃料，补充了木柴作为燃料的种类，提高了木柴的燃烧程度，这只是利用燃料的开始。有些地方有泥炭沉积物，泥炭是干涸沼泽的产物，在中世纪被广泛用作燃料。在其他地方发现了沼泽地的煤沉积物，这些煤沉积物被深深地埋在地下，并自然地转化为纯碳，木炭制造者可以人工生产纯碳。石油和天然气有很大的优势，它们可以储存在油罐里，并通过管道输出。在过去的几十年里，人类已经学会了从其他能源中提取能量，而不需要真正的燃烧过程。因此，我们拥有了发电厂，从非常重的原子核——比如铀和钚——的衰变中获取能量。我们最终可能会从核聚变中提取能量——尽管这还很难实现，核聚变是太阳的能量来源。

还有值得我们认真思考的是，其他可替代明火的燃料产品同样具有奇妙的价值——沸水和蒸汽！对于最早使用火的人来说，蒸汽可能是没有特殊价值的副产品。直到很久以后，人们才意识到蒸汽的真正潜力，蒸汽的应用被证明是促成工业革命的主要因素。蒸汽的价值在于，当水变成蒸汽时，就会产生强力膨胀。发明家托马斯·纽科门和詹姆斯·瓦特发现了如何利用这一能量并将其应用于生产和制造，至此，人类的生活被永远地改变了。[注]并非所有的工作都需要靠人和动物的肌肉来完成，取而代之的是蒸汽的能量以及后来的其他能源，这些都可以为我们工作。对于那些工业革命时期生活在社会底层的人民来说，工业革命听起来真是一个可怕的时期；但是不可否认的是，它解放了一代又一代人，使他们摆脱了无休止的体力劳动。要知道，体力劳动曾经是我们人类中的大多数不可避免的命运。

我们不再需要像我们的祖先那样，不得不依靠双腿到处行走。到了20世纪中叶，人类发明了蒸汽机，蒸汽机带动火车，使火车成为主要的交通工具，而现在，电传动内烯机替代了蒸汽机。汽车气缸里反复使用的火花塞发出微小的火，让我们可以随心所欲地启动和驾驶汽车。喷气式发动机喷出的连续火焰让我们实现了古代人类的飞行梦想。而现在，我们人类乘坐宇宙飞船，被强大的能量发射到太空，就好像是骑在巨大的火柱上。

工具与青铜时代

高级语言和熟练使用火的能力使得我们人类在智力上似乎成为一个全新的生物种类。现在，让我们把对人类历史发展的思考转向人类的另一个显著特征——能够制造和使用复杂的，这是因为我们拥有超常的大脑和敏捷灵巧的双手。关于石器，我们在本书的第三章和第八章中已经讨论过。几千年来，石器在人类生活中一直起着至关重要的作用。

人类学会利用的第一种金属是铜，这成为一个时代的特征，我们称为铜石器时代，意思是石头与铜并用的时代。我们在本书的第五章中讲过，奥兹这位大约生活在公元前3000年的人，被发现冰冻在阿尔卑斯山脉的冰层中，他的手里就拿着一把精美的抛光铜斧。(注)铜并不是一种很坚硬的金属，所以，当工匠们学会了将铜与锡混合，得到质地更坚硬的人工金属青铜后，铜就普遍被青铜所取代。

荷马史诗《奥德赛》一开始，就叙述了特洛伊战争之后奥德修斯返家途中的遭遇。奥德修斯还在海上航行的时候，女神雅典娜乔装拜访了奥德修斯的儿子忒勒马科斯。女神告诉他："至于我到达伊萨卡，我是和自己的船和船员一起穿越酒红色大海而来。我们准备装上一船闪闪发光的铁，驶往遥远的特梅斯港，打算用这批铁来换取铜。"(注)

这看起来是一次奇怪的交易。为什么雅典娜声称，她要用硬铁交换软铜？因为那时的人们还没有找到温度足够高的火来提炼铁矿石或用铁制造工具，铁并不多，可能只是来自铁陨石，所以铁的重要性不如铜。尽管与铁相比，铜较软，但它可以与锡混合，生成青铜合金。青铜几乎和铁一样坚硬，并且在较低的温度下就可以加工成型。青铜是人类用来制造工具的第一种金属，这种金属容易成型并能保持边刃锋利。

在考古发掘中，相对容易找到的是由石头、青铜或铁制成的工具。考古学家们发现，将人类早期历史分为石器时代，随后是青铜时代，再往后是铁器时代，这是很实用的分类法。显然，工具材料的改变并不是人类发展过程中唯一令人感兴趣的变化。语言、社会组织、宗教和人类活动的许多领域都在变化，只是石器、青铜工具和铁制工具更容易为我们留下有说服力的考古记录。

那么，特梅斯港在哪里？女神雅典娜为什么说要到那里去？特梅斯

通常被认为是现在的塔马索斯，位于地中海东北角的塞浦路斯岛上。在古代地中海和近东地区，塞浦路斯是铜的最大来源地，甚至这个岛取名为“塞浦路斯”也与“铜”有关。

青铜时代的起始日期因地而异，因为并不是在任何地方都有铜和锡，而且在不同的地方，发明青铜所需要的技术或者获得这一技术的时间也各不一样。随着技术的普及，青铜加工的范围也逐步扩大。我们可以认为，对于地中海东部的克里特岛、希腊、土耳其、塞浦路斯来说，青铜时代开始于大约公元前3500年至公元前3000年，大约在公元前1200年戛然而止。

这个结局带来了另外一个巨大的历史谜团。一个繁荣的晚期青铜时代文明延伸到整个地中海东部地区，但却在短短的一个世纪或更短的时间内就灭绝了。这一文明的灭绝是如此彻底，以至于荷马在400年后的作品中，只有传说还可以继续下去。以晚期青铜器时代文明为中心的宏伟宫殿就这样消失了，被遗忘了。这段文明被人们彻底遗忘了，人们甚至只把这段文明当成传说。直到大约3000年后的19世纪，先驱考古学家——比如德国的海因里希·谢里曼——才发现这段文明。

一个文明怎么会突然消失呢？历史学家们把青铜时代城市的消失归结为几个可能的原因，包括气候干旱、人类迁徙和炼铁业的兴起，但是，有两个假设引起了我的特别关注。第一个假设是由斯坦福大学地球物理学家阿莫斯·努尔（Amos Nur）提出的，他认为有这样的可能性，即在一段时间内连续发生过大范围的地震。另外一个假设是范德堡大学历史学家罗伯特·德鲁兹（Robert Drews）的研究，他认为，野蛮部落的人学会了如何击败战车上的弓箭手，使他们能够征服和毁灭一个又一个城市。(注)在人类历史中，不管是什么原因造成的火灾，其伤亡之大都是令人震惊的。仅在塞浦路斯，大约在公元前1200年，帕里奥卡斯特罗被烧毁，圣季米特里奥斯被遗弃，辛达、基蒂翁和恩科米也都被烧毁。中东文明花了几百年时间才得以恢复。

斯库里欧提萨的古矿

现在，我们来重新考量一下青铜时代的文明，特别是其特有金属的原材料来源。在青铜时代，人们从哪里弄来铜和锡并合成青铜呢？仔细

思考在第三章中涉及的这类问题，我们会得出另一个具有历史意义的认识：自然资源的产生并不是偶然的——每一处矿藏，或煤田，或石油，或天然气的沉积都有其原因，都有自己的历史。地质学家们将这些资源的历史作为重构更为广泛的地球历史的一部分，了解它们对发现文明所依赖的巨大自然资源至关重要。(注)

青铜主要由铜制成，青铜中含有少量的锡。我们现在知道，地中海——近东青铜时代的大部分铜来自塞浦路斯岛。然而，很长一段时间以来，塞浦路斯的铜矿开采历史几乎被人们遗忘了，这跟青铜器时代的许多其他历史一样。

在20世纪20年代，地质学家查尔斯·冈瑟（Charles Gunther）以及美国采矿工程师西里·穆德（Seeley Mudd）和哈维·穆德（Harvey Mudd）父子团队，重新发现并开发了塞浦路斯的铜矿，那时，铜线对于电力的商业开发而言已经非常重要。冈瑟在诸如斯库里欧提萨这样的地方发现了古代的熔渣堆，那里的熔渣是青铜时代的矿工们从铜矿中提取铜之后丢弃的。穆德父子采用现代技术重新开采古代的矿山。最终，塞浦路斯成为铜的主要出口国，并一直持续到1974年。那年，土耳其派军进攻塞浦路斯岛，双方设立停火线，将希腊人和土耳其人分隔开，而铜矿就在停火线边上的希腊一方。在那之后，铜矿被废弃了，因为铜矿的位置在土耳其炮火射程之内。

今天，人们可以到斯库里欧提萨参观那里的铜矿遗址。1989年，我们跟随塞浦路斯地质调查局的乔治·康斯坦丁诺（George Constantinou）和美国地质学家埃尔德里奇·摩尔斯（Eldridge Moores）参观过这里。在这里，我们可以看到被遗弃的两个时代的铜矿。铜矿第一次被遗弃的时间大概是在青铜时代结束之时，另一次被遗弃的时间大概是在1974年。从这处遭到过两次遗弃的铜矿遗址上，我们可以从历史的角度，看到人类在采矿和金属提炼技术方面的主要变化，这为人类发展提供了证据。在第二次被遗弃的铜矿遗址上，我们看到一处巨大的露天矿，已经废弃的梯形台阶依然清晰可辨。在1974年之前，采矿车拉着开采出来的铜矿石从这些台阶上运出去。我们在斯库里欧提萨露天矿上那些废弃的矿井中，不时会看到赭石，这是一种亮橙色的土质材料，含有大约1%的铜。赭石是艺术家们熟悉的一种颜料，可用来作画。现在，我们知道了这些颜料的来源，这也是一件让我们感到兴奋的事。

在今天，提炼矿石的技术可谓炉火纯青，所以现在看来，斯库里欧

提萨矿坑里的一切都可能是用来提炼金属的矿石，甚至赭石。在青铜时代，矿工们提取铜的效率并不高，因此他们只能使用最高品级的矿石。他们必须沿着矿层的缝隙向地下挖掘坑道，寻找含铜量约2%的铜矿石。现在，我们依然能够看到这些坑道，它们与现代的露天矿壁相交。考古学家们对这些坑道进行了探勘，发现了古代的采矿工具，偶尔也会发现不幸矿工的骨头。

这些熔渣堆表明，经过几百年的古代铜矿开采，金属提炼技术始终在改进。乔治告诉我们，他对熔渣堆中残留的铜进行过分析。堆得越低的熔渣堆，那些被倾倒的熔渣的年代越早，其中残留的铜就越多；而在那些堆得较高的熔渣堆中，熔渣中残留的铜则要少得多，因为随着时间的推移，矿工们从矿石中提取铜的技术越来越精湛。

古代塞浦路斯的铜矿开采有着悠久的历史，延续了好几个世纪。这让我们感到疑惑，于是向乔治提出了问题：为什么在古代，塞浦路斯的铜矿开采会持续这么长时间？乔治为我们做了解答。他告诉我们，要想从矿石中提取铜，就必须将矿石加热；加热所使用的燃料是木炭，而木炭在燃烧时，比木柴产生的温度要高。正如我们在本章中已经读到过的，通过对熔渣中残留的铜的分析可以发现，提炼效率的提高肯定来自燃烧技术的改进。但是随后，乔治向我们提出了一个大问题，那就是，木炭可能来自哪里。

我们已经知道木炭的烧制方法。在可控的条件下，将木柴部分燃烧，使木柴中的水分蒸发出来，这样剩下的就是木炭了。烧制木炭是一件很有意义的事情，因为纯碳比普通的木柴燃烧时产生的温度要高。因此，古代的矿工们需要砍伐树木，获取烧制木炭用的木柴。乔治测量了古代铜矿的熔渣量可能提炼出来的铜，然后他说，根据计算，提炼这么多铜，需要大量木炭，而为了烧制足够提炼这么多铜的木炭，就需要砍伐一大片森林，其面积至少是整个塞浦路斯岛的16倍！(注)

乔治还说，在古代的地中海东部地区，发现了许多古铜矿；并且，这些古铜矿利用原始森林中的木头来烧制木炭，以便提炼铜。但是，在很多地区，一旦原始森林被砍伐，就不会再生长，铜矿的开采也就结束了。那么，塞浦路斯与那些地区相比有什么不同呢？

不同的是气候和降雨量。地中海东部其他地区气候比较干燥。大约在1万年前最后一个冰期结束时，东部地区曾经被广阔的森林所覆盖，

比较温和且比较潮湿的气候更适宜树木的生长；古代早期依然生长在那里的树木是那些广阔的森林遗留下来的一部分。正因为如此，这些存活下来的树木一旦被砍伐，森林就会永久消失。

而塞浦路斯则不同——它的降雨量丰富，所以，森林被砍伐后还会重新生长。在塞浦路斯，木材是一种可再生资源。这一资源在古代的重要性和价值，我们可以从在上埃及发现的阿玛纳泥板文书中看出来。在公元前14世纪的一系列书信中，被认为是塞浦路斯国王的埃拉西亚国王（King of Alasiya）同意送给法老铜，以换取“大量的银……质地最好的银”。注

可以说，塞浦路斯是古代铜的来源，因为塞浦路斯的铜矿恰好出现在气候湿润、适于森林再生长的地方。塞浦路斯气候比其他地方湿润，这是因为那里的特罗多斯山脉。我们可以从一些卫星图像上看到，整个地中海东部地区在万里无云的天空下“烘烤着”，除了塞浦路斯的山区多云，或许还有雨。经过我们多渠道、多领域的探讨，大历史变得如此引人入胜。此时，我们以埃尔德里奇·摩尔斯的研究为向导，把话题转向特罗多斯山脉。我们转移话题主要有几个理由：第一，有关地质学家们如何了解地球历史这个方面，特罗多斯山脉有着至关重要的意义；第二，在这场突破性的科学发展变化中，埃尔德里奇是一个核心人物；第三，这一切都与青铜时代的铜的来源有关。

铜从哪里来

埃尔德里奇是我的一位室友，20世纪60年代中期他在普林斯顿大学做博士后，现在他是加利福尼亚大学戴维斯分校的地质学教授。埃尔德里奇正在为一个有趣的项目寻找资料。一天晚上，在普林斯顿的地质图书馆里，埃尔德里奇在研究一幅塞浦路斯的地质地图注，他意识到，他正在寻找的东西可能非常重要。几年以后，当埃尔德里奇告诉我那天晚上他在图书馆里的经历时，他说脑后的头发都会竖起来。

让埃尔德里奇如此兴奋的是，有迹象表明塞浦路斯有数量众多的岩脉（*dikes*）。岩脉是一种常见的地质特征。当深层岩石破裂形成裂缝时，裂缝就会被来自更深层的熔融岩石填满，然后冷却并凝固，这样就形成了岩脉。通常，一条岩脉最多只能延伸几英寸宽，即岩脉的宽度。

但是，地图上特罗多斯山脉的一部分以及书中附带的照片显示，他所看到的一切都是岩脉——年轻的岩脉割断生成年代较早的岩脉，而这些岩脉又割断比其生成年代更早的岩脉。这不是只有几英寸的延伸，而是有几十英里的延伸！地质学家R.A.M.威尔逊绘制了这幅地图，他称这一现象为“席状岩脉”（*sheeted dikes*），但由于这本书写于1959年，当时他可能没有意识到它们的重要性。然而，埃尔德里奇的确知道哈里·赫斯1960年提出的推测，即海洋是由于海底扩张形成的。[注]埃尔德里奇意识到，“席状岩脉”正如我们所预测的那样，位于海洋地壳中，而海洋地壳是由延伸数百或者数千英里的海底扩张形成的！也许，这是一幅古代海洋地壳的地图，不知何故在塞浦路斯岛被抬升并暴露出来！在科学研究过程中，有时只是偶然间，可能会意识到，我们正在看一些具有根本性重要意义的东西，正因为意识到了这一点，埃尔德里奇的头发才竖了起来。

埃尔德里奇和其他科学家仔细地研究了特罗多斯山脉的岩石，一步步深入了解海洋地壳，分析海底扩张如何产生海洋地壳。[注]假如我们只能在海洋下面很深的地方——人类很难到达的深度——找到海洋地壳的话，我们就很难得到这样的结果。幸运的是，大自然将几片海洋地壳送出海面，像在塞浦路斯岛这样的地方，这真是太不可思议了。这样，地质学家们就可以在海洋地壳上进行实地观察、研究。我们用“蛇绿岩”（*ophiolite*）这一术语来形容从这些露出海面的古海洋地壳中发现的岩石。“席状岩脉”是最有特色的岩石；但是，构成海洋地壳的还有其他一些成分，包括形成巨大块状的“枕状玄武岩”（pillow basalts），其中一些玄武岩岩浆通过岩脉裂缝冒出来，涌流到海底层面上。

1979年11月，《美国国家地理杂志》刊登了一张来自大洋中脊深海的早期照片，揭示了铜的来源。在一个热液喷口和我们在第七章中讲到的“黑烟柱”区域，一只白色的螃蟹正在玄武岩表面爬行，玄武岩表面上覆盖着看起来像是橙色粉末状的灰尘。[注]

橙色！在深海中，这是一种极其不寻常的颜色，但是，我们在塞浦路斯特罗多斯山脉的蛇绿岩中可以看到。它是赭石的颜色，这是塞浦路斯斯库里欧提萨古代铜矿的颜色！赭石是轻微蚀变的铜矿石，而塞浦路斯的铜矿石使得青铜时代成为一个历史时期，这些铜矿石是在一处古海底“黑烟柱”中形成的，那里的海洋地壳——现在的特罗多斯山脉蛇绿岩——是由海底扩张形成的。后来，这片海底的一部分被推升到海平面以上，将含有铜的沉积层暴露出来，才有了塞浦路斯的铜矿开采历史；同

时，这片海底也推高了特罗多斯山脉，那里的高海拔和适宜的降雨量能够使森林再生长，而这些森林是提炼铜所需木炭必不可少的原材料。

俄罗斯海洋研究组成员对北纬23°左右的大西洋中脊顶部的一个地方做了勘探，将这个地方命名为蛇坑热液区（Snakepit Hydrothermal Area），至此，塞浦路斯铜的来源得到了证实。[注]在海底广阔的玄武岩中，他们发现了活跃的“黑烟柱”，还发现了已经不再活跃的“黑烟柱”，那里不再有炽热的水流。他们绘制地图，标明富含金属沉积物的位置以及大量富含铜金属矿的位置。俄罗斯科学家正在研究一种类似于产生塞浦路斯铜矿的热液喷口的物质，目前这种物质依然处于活跃状态。铜矿石使得地中海和中东青铜时代成为可能，是西方文明发展的一个重要阶段，我们一再强调这一点。1999年，经过仔细搜索，科学家在塞浦路斯发现了管状蠕虫化石，这一发现更加肯定了塞浦路斯铜矿来源于中大西洋热液喷口的观点。[注]

青铜时代的锡

我们现在已经追溯到青铜时代铜的来源地是塞浦路斯，并将其与深海中的“黑烟柱”联系起来。我们还讨论了提炼铜矿石所用的木炭，其原材料来源于塞浦路斯可再生长的森林，而塞浦路斯可再生长的森林靠的是适宜的降雨量以及高海拔的特罗多斯山脉。但是现在，仍然存在着一个谜团：青铜时代的工匠们是从哪里弄到的锡？因为，他们需要将锡与铜混合，才能制成青铜。

铜和锡都属于软金属，因为它们的原子很容易相互滑动，从而使铜或锡变形。然而，当它们混合在一起，生成青铜合金时，不同大小的锡原子会干扰铜的平滑变形，反之亦然。这就是青铜如此坚硬的原因，这是使文明得以实现的重大发现之一。然而，仅有铜是不够的，如果没有锡，就不会有青铜。

锡和铜的化学性质有很大的不同，因此，从海底玄武岩中获取铜并在“黑烟柱”中将其转化为矿体的热液喷口这一程序不能浓缩出锡。与铜的生成过程相反，锡来自花岗岩，而花岗岩存在于大陆的山脉中，而不是在深海中。塞浦路斯没有锡矿，那么，青铜器时代的锡来自哪里？

锡在旧大陆最可信的来源是英格兰西南部的康沃尔。很长一段时间以来，历史学家们认为，在青铜时代，人们在康沃尔开采锡，然后用船运到近东，与塞浦路斯的铜混合，制成青铜。

而对于我来说，我总觉得康沃尔似乎不太可能是锡的来源。康沃尔和塞浦路斯相距超过3500英里，并且被大海隔开；不仅如此，海上航行中有一段航道需要穿越比斯开湾和英吉利海峡多暴风雨的危险水域。这让我不禁想起了青铜时代的水手奥德修斯，他从特洛伊到伊萨卡的旅途历经艰险，足足用了10年的时间才回到故乡。当然，这是一个传说，但它却提醒人们，在青铜时代，海上航行并非易事。

因此，了解到芝加哥大学土耳其裔美国考古学家阿斯利汉·耶纳（Aslihan Yener）在20世纪80年代的一项非凡发现是令人欣慰的。[注]在探索位于安纳托利亚或土耳其东北的古代遗址时，她偶然发现了被遗忘的青铜时代的矿井，这里曾经生产过锡。由于矿工们几乎把所有的锡都挖了出来，所以只剩下很少的锡的残迹，但是，在发掘现场，耶纳发现了用来从矿石中提炼锡的陶瓷坩埚。化学分析显示，陶瓷坩埚中有残留的锡。很明显，土耳其曾经有丰富的锡矿，而这里离塞浦路斯仅隔50英里的海域。很有可能，塞浦路斯的铜和安纳托利亚的锡的并置才使得这里的青铜时代成为辉煌的历史。

安纳托利亚锡矿花岗岩产于大陆山脉地区，与塞浦路斯的古海洋地壳完全无关。这两个原本相距甚远的地质区域，由于板块构造运动而变得近在咫尺了。阿尔弗雷德·魏格纳和哈里·赫斯最早认识到了这一点。正如我们在大历史中经常探讨的那样，遥远的地质历史事件为后来的人类历史事件——如青铜时代——创造了条件。如果没有地球所拥有的特定历史，人类历史将会变得非常不同。这又是大历史提供给我们的一个极好的例子，告诉我们，如果地质历史不同，我们人类境况就极有可能与现在完全不同。

1. Deacon,T.W.,1997,The symbolic species:The co-evolution of language and the brain,New York,W.W.Norton,p.23.

2. 迄今为止出版的唯一一部大历史教科书是围绕入门概念而编写的：Christian，D.,Brown,C.S.,and Benjamin,C.,2014,Big History:Between nothing and everything,New York,McGraw Hill,332 p.

3. Christian,D.,2004,Maps of time.An introduction to Big History,Berkeley，University of California Press,642 p.

4. Christensen,M.H.,and Kirby,S.,2003,Language evolution:The hardest problem in science?,in Christensen,M.H.,and Kirby,S.,eds.,Language evolution,Oxford,Oxford University Press,p.1–15.

5. 这些标准来自T.简森（T.Janson），请参阅:The history of Languages:An introduction,Oxford,Oxford University Press,280 p.然而，简森将200万年前作为最早的石器时代，而最近的发现将最早的石器推到了330万年前:Harmand,S.,Lewis,J.E.,Feibel,C.S.,Lepre,C.J.,Prat,S.,Lenoble，A.,Boes,X.,Quinn,R.L.,Brenet,M.,Arroyo,A.,Taylor,N.,Clement，S.,Daver,G.,Brugal,J.-P.,Leakey,L.,Mortlock,R.A.,Wright,J.D.，Lokorodi,S.,Kirwa,C.,Kent,D.V.,and Roche,H.,2015,3.3-million-yearold stone tools from Lomekwi 3,West Turkana,Kenya:Nature,v.521,no.7552，p.310–315.

6. Wade,N.,2006,Before the dawn,London,Penguin,Ch.10;Anthony，D.W.，2007,The horse,the wheel,and language,Princeton,Princeton University Press,553 p.

7. Bryson,B.,1990,The mother tongue:English and how it got that way,New York,Avon,270 p.;Ostler,N.,2005,Empires of the word:A language history of the world,New York,HarperCollins,615 p.;Janson,T.,2012,The history of languages:An introduction,Oxford,Oxford University Press,280 p.；Nadeau,J.-B.,and Barlow,J.,2013,The story of Spanish,New York,Saint Martin’s Griffin,418 p.

8. Goudsblom,J.,1992,Fire and civilization:London,Penguin,247 p.

9. Pyne,S.J.,2001,Fire:A brief history,Seattle,University of Washington Press,204 p.;Bowman,D.M.J.S.,Balch,J.K.,Artaxo,P.,Bond,W.J.，Carlson,J.M.,Cochrane,M.A.,D’Antonio,C.M.,DeFries,R.S.,Doyle，J.C.,Harrison,S.P.,Johnston,F.H.,Keeley,J.E.,Krawchuk,M.A.,Kull,C.A.,Marston,J.B.,Moritz,M.A.,Prentice,I.C.,Roos,C.I.,Scott,A.C.，Swetnam,T.W.,van der Werf,G.R.,and Pyne,S.J.,2009,Fire in the Earth system:Science,v.324,p.481–484.

10. Canfield,D.E.,2014,Oxygen:A four billion year history,Princeton,Princeton University Press,196 p.

11. Abraham,D.S.,2015,The elements of power:Gadgets,guns and the struggle for a sustainable future in the rare metals age,New Haven,Yale University Press,336 p.

12. 有关工业革命的大历史观，请参阅Christian,D.,Brown,C.S.,and Benjamin，C.,2014,Big History:Between nothing and everything,New York,McGraw Hill，Ch.11。

13. 卡洛斯·卡马戈给我指出了这一点：http://www.iceman.it/en.

14. Homer,1946,The Odyssey,translated by E.V.Rieu,Baltimore,Penguin，p.26.

15. Nur,A.,2008,Apocalypse:Earthquakes,archaeology,and the wrath of God,Princeton,Princeton University Press,309 p.;Drews,R.,1993,The end of the Bronze Age:Changes in warfare and the catastrophe ca.1200 B.C.,Princeton，Princeton University Press,252 p.

16. 有关地球历史的诸多特征，包括有用的资源储量，D.C.布拉德利做了一部出色的汇编，请参阅Bradley,D.C.,2011,Secular trends in the geologic record and the supercontinent cycle:Earth-Science Reviews,v.108，p.16–33。

17. Constantinou,G.,1982,Geological features and ancient exploitation of the cupriferous sulphide orebodies of Cyprus,in Muhly,J.D.,Maddin,R.,and Karageorghis,V.,eds.,Early metallurgy in Cyprus,4000–500 B.C.,Larnaca，Cyprus,Pierides Foundation,p.13–24.

18. Moran,W.L.,1992,The Amarna letters,Baltimore,Johns Hopkins University Press,393 p.,letter ESA 35,p.107.

19. Wilson,R.A.M.,1959,The geology of the Xeros-Troodos area:Geological Survey Department Cyprus Memoir,v.1,p.1–135.

20. Hess,H.H.,1960,The evolution of ocean basins (preprint):Princeton University,Department of Geology;Hess,H.H.,1962,History of ocean basins,in Engel,A.E.J.,James,H.L.,and Leonard,B.F.,eds.,Petrologic studies:A volume in honor of A.F.Buddington:Geological Society of America,p.599–620.

21. Gass,I.G.,1968,Is the Troodos massif of Cyprus a fragment of Mesozoic ocean floor?:Nature,v.220,p.39–42;Moores,E.M.,and Vine,F.J.,1971，The Troodos Massif,Cyprus and other ophiolites as oceanic crust:Evaluation and implications:Philosophical Transactions of the Royal Society of London,series A，v.268,p.443–466.

22. Ballard,R.D.,and Grassle,J.F.,1979,Incredible world of the deep-sea rifts:National Geographic,v.156,no.5 (November),p.680–705,picture on p.702–703.

23. Krasnov,S.G.,Cherkashev,G.A.,Stepanova,T.V.,Batuyev,B.N.,Krotov，A.G.,Malin,B.V.,Maslov,M.N.,Markov,V.F.,Poroshina,I.M.,Samovarov,M.S.,Ashadze,A.M.,Lazareva,L.I.,and Ermolayev,I.K.,1995，Detailed geological studies of hydrothermal fields in the North Atlantic,in Parson,L.M.,Walker,C.L.,and Dixon,D.R.,eds.,Hydrothermal vents and processes,London,Geological Society of London Special Publication no.87,p.43–64.

24. Little,C.T.S.,Cann,J.R.,Herrington,R.J.,and Morisseau,M.,1999,Late Cretaceous hydrothermal vent communities from the Troodos Ophiolite,Cyprus:Geology (Boulder),v.27,no.11,p.1027–1030.

25. Yener,K.A.,2000,The domestication of metals:The rise of complex metal industries in Anatolia,Leiden,Boston,Brill,210 p.

后记

第十章　发生这一切的可能性有多大？

历史特征：连续性与偶然性

我们已经对大历史进行了条分缕析和探讨研究，现在，我们终于可以提出这样的问题了：人类是否能够找出历史的发展规律，或者历史是不是变幻莫测的、杂乱无序的——只是“一件接着一件的该死事件的罗列”？是否有规律可以控制历史的发展？从17世纪的艾萨克·牛顿开始，科学家们就已经发现了控制物体运动和所有能量转换的牢不可破的数学定律。这一发现表明，在日常生活里看似反复无常的事件，可能存在着一种潜在的秩序，我们甚至有可能发现历史本身的基本规律。但是，对于这些我们始终寄予厚望的历史规律的探索却并不是很成功。注

在宇宙和地球的历史上，围绕着恒星运行的行星和顺着山坡缓慢移动的冰川的确遵循了物理学数学定律，并且它们的运动是可以被计算出来的。然而，在大历史的某一时刻，出现了一些不同寻常的现象，这使得精心制定的人类历史规律，尤其是数学规律，似乎不太可能实现；这些不同寻常的现象是可以被发现的，甚至是存在的。生命的出现是宇宙历史的巨大变化。在生命体中，每个细胞或者每个多细胞有机体都是独立的个体，与其他个体竞争——寻求能量和营养；并且，如果成功的话，将其特性传给后代。

生命体的出现使我们这颗星球超越了物理学家们能够发现自然规律的阶段——等离子体、气体、液体和固体——并以更为复杂的方式将物质组织起来。我认为，这也正是大历史范畴的开端——生命和人类，因为这方面的自然法则可能还不存在。假定这是正确的，还没有确定的规律支配生命有机体或人类的历史，那么，有没有其他方法使历史在这个层面上变得有意义呢？例如，我们能够找到历史的发展规律或模式吗？

史蒂文·杰伊·古尔德撰写了一本极具煽动性的书，书名是《时间的箭头，时间的循环》（*Time’s Arrow*，*Time’s Cycle*）。书中指出，长期以来，那些将历史视为方向性的人和那些认为历史是循环的人对过去的看法一直存在分歧。[注]他认为，这两种观点之间的冲突不仅影响了学者们对人类历史的解释，而且也是早期地质学家之间的一次核心思想冲突。这些早期地质学家使我们对地球第一次有了系统的理解。

当地质学家和历史学家只能用语言来描述过去的时候，“时间的箭头”与“时间的循环”是一个合理的二分法。“罗马的衰落”和“帝国的兴衰”是对过去的挑衅性描述，暗示着箭头和循环。然而现在，特别是在地质学方面，我们有大量丰富的定量数据，这些数据是衡量地球过去变化的数值。[注]在研究这些历史事件时，我发现很难再把箭头/循环二分法视为最基本的。

问题在于时间尺度。如果我们观察地球表面温度的历史，我们会根据我们所选择的时间间隔找出趋势或循环。[注]在过去1万年的时间里，温度一直非常恒定，但是，在过去100万年的时间里，温度曲线是循环的，冰期和间冰期交替超过10万年的周期。但是，在更短或更长的时间尺度上，有降温趋势和升温趋势。

我在大历史的所有范畴内观察历史的发展方式，我想我看到的是一个不同的二分法。一方面，我看到了连续性，由趋势和循环组成，在不同的时间尺度上以不同的方式组合。另一方面，我也看到了偶然性——在历史上造成了重大变化的罕见事件，而这些事件无法提前预测到。

突发事件无处不在。在我们的个人生活中，我们可以经历很长一段时间的连续性，比如，我们每天出门工作，然后下班回家，呈现出一个循环的模式；再比如，我们会逐渐变老，也许变得更聪明，这就是发展趋势。而完全出乎意料的是，偶然性会袭来，比如我们可能会从梯子上跌下来，或者坠入爱河，这样，我们的生活再也不会跟从前一样了。人类历史充满了偶然性，而这正是我们找不到控制历史规律的原因之一。在战争中，偶然性表现得尤其引人注目。战争的爆发使人类处于不可预知的状态，比如风吹的方向或者发现意外丢失的命令。[注]

我们周围到处都是偶然性，我们常常可以意识到偶然性的存在，然而，要想给偶然性下个定义却是相当困难的。我还没有找到一个令人满意的定义，或者说我还不能够构建一个令人满意的定义。我目前的想法

是，一个事件被认定是偶然的，它需要具备几点：罕见的、不可预测的、意义重大的。但是，这三点中的每一点都包含着模棱两可。当我们试图了解是什么原因导致了偶然性的时候，宇宙和地球这两个大历史的无生命范畴，似乎与生命和人类范畴的状况完全不同。

现在，我们首先来考虑一下宇宙和地球范畴中的偶然性，以导致恐龙灭绝的大撞击为例。然后，我们将以西班牙无敌舰队为例，来研究一下生命和人类范畴的偶然性。最后，我们来讨论一下，我们每个人能够存在于地球上所具有的惊人的偶然性。在每一种情况下，我们都将会看到罕见的、不可预测的、意义重大的标准在多大程度上是可适用的。

宇宙和地球范畴中的偶然性

对于宇宙和地球这两个无生命的范畴来说，“罕见的”和“意义重大的”这两个方面的偶然性并不难理解。在许多自然物体和事件——如撞击物体的直径和地震震级——的幂律分布中，与较小的物体和事件相比，较大的物体和事件是罕见的。注较大的事件在更广阔的领域里具有重要意义，并且会涉及更多的人。偶然性的“不可预测”才是最令我们感兴趣的。注

科学家们曾经认为，宇宙中发生的一切似乎都是完全由确定性的自然数学定律所控制的。这些定律似乎完全是可以预测的。19世纪初，法国数学家皮埃尔-西蒙·拉普拉斯提出，如果有某种足够的智能——比如说，一台绝对超级智能的计算机——在过去的某一个节点上，可以获取关于每一个粒子的位置和速度的详细信息，宇宙中发生的一切就能完全准确地被预测出来。如果这一观点是正确的，并且适用于构成人类的所有原子，那就意味着，我们没有自由意志。注

但是，那是在20世纪人类发现可预测性的局限性之前。我们现在明白，即使有明显遵循自然数学定律的无生命物质，在某些情况下，也会有复杂的情况出现，使未来完全不可预测。对于大多数科学家来说，他们发现，一个完全确定的系统可能是不可预测的，这的确令他们感到惊讶。下面是一些示例，按规模大小的顺序排列。

在有三个或者三个以上物体的太阳系中，尽管行星的运动本身可以

通过计算机密集地计算来追踪，但运动方程通常是无法求解。这样做的结果是，行星的初始位置和速度的微小差异导致了它在几千万年之后的位置和速度的显著差异。这意味着，从长远来看，行星运动是不可预测的，这种情况我们称为轨道混沌（orbital chaos）或确定性混沌（deterministic chaos）。

像岩石这类固体物的破裂在细节上是不可预测的，这取决于微裂纹以及原子尺度上的缺陷或位错。一些微小的裂缝会连成巨大的地震，但大多数情况下不会发生。这就是为什么用精确的方式来预测地震是不可能的，比如说，“在一个特定的时间和地点，会发生这样或那样的地震”。尽管如此，对一定规模的地震，在一个大致的区域内、一个大致的时间范围内发生的可能性，确实可以进行基于概率的估测。

流体中的湍流也是混乱的，这就把天气、风暴和洋流归类为细节不可预测的现象。(注)贝洛索夫-扎博丁斯基震荡反应是一类化学现象，在这种震荡反应中，培养器皿中出现圆形或螺旋形的图案，以一种混沌的、不可预测的方式生长和相互作用。(注)

最后是逻辑方程，这是一个非常简单和容易推导的数学公式。它包含一个平方项，当它被迭代应用时，每一次计算的结果作为下一次计算的起点反馈；其结果是混沌的，因为初始条件的最微小差异会产生完全不同的结果。这个逻辑方程最初由罗伯特·梅伊（Robert May）发现，当时，他正在试图预测一个物种在许多世代中的个体数量，给出不同的繁殖率，这已经成为一个确定性混沌和数学不可预测性的经典案例。(注)

因此很显然，尽管有严格的自然数学定律，但我们人类境况的许多方面——从太阳系的尺度到培养皿甚至更小的尺度——从根本上是不可预测的。

撞击事件的偶然性

偶然性给我留下了深刻的印象，这是因为关于导致恐龙灭绝的外星撞击事件属于我所从事的研究范围。现在，我们以这一事件为例，谈论一下宇宙和地球范畴中的偶然性。

我们人类的存在只是因为恐龙的灭绝。从大约2亿年前一直到6600万年前恐龙灭绝，恐龙始终是地球上的主要大型动物。注在恐龙生存的大部分时间甚至是全部时间里，哺乳动物也生存在地球上；但是，在恐龙灭绝之前，哺乳动物的体型没有变大过，或者从来没有发生过较大的变化。在那次灾难性事件之后，哺乳动物迅速开始发生各种各样的变化，并且一些谱系在规模上大大增加了，填补了以前由恐龙占据的大型动物的位置。

我们这样来想象一下——尽管的确有一定的难度——一名外星观察者来到地球，穿越到1.5亿年前或者7500万年前，他会预言，哺乳动物（包括大型哺乳动物和有智慧的哺乳动物）将会成为这个星球上占主导地位的动物，而恐龙将会被它们的后代——绝大多数在体型上非常小的鸟类——所取代。在生命历史中，哺乳动物占据优势是在主要发展路径上的一次偶然改变的结果。

现在的证据已经有力地表明，恐龙灭绝是一颗小行星或者彗星偶然撞击地球的结果，这次撞击形成了奇克苏鲁布陨石坑。正如我们在第一章中所讲到的，这个陨石坑在墨西哥尤卡坦半岛，直径为110英里，现在被埋在地表下生成年代较晚的沉积物下1英里处。正如第七章所述，在印度德干玄武岩，同一时间发生的巨大火山喷发可能也在这次大灭绝事件中起到了一定的作用。注

这次撞击事件符合我提出的所有偶然性的标准——这种规模的撞击非常罕见，由于轨道混沌，从长远来看，奇克苏鲁布撞击是不可预测的；更为重要的是，这次撞击彻底改变了进化的轨迹。现在，让我们来探讨一下奇克苏鲁布撞击的特征。

奇克苏鲁布撞击形成了巨大的陨石坑，在地球历史上，如此大规模的撞击很早以前就已经极为罕见了。奇克苏鲁布撞击发生在距今6600万年前，形成的陨石坑的直径为110英里，是自距今5.4亿年的显生宙时代以来我们所知道的最大的陨石坑。关于那一时期，我们找到了很有说服力的化石，而实际上陨石坑的形成时间还可以上溯更远。地球上仅存的较大的陨石坑都非常古老——加拿大的萨德伯里陨石坑，直径为160英里，距今18.5亿年；还有南非弗里德堡陨石坑，直径为200英里，距今大约20.25亿年。

太阳系的规模庞大，并且缺少直径为几英里和其撞击力能够形成像

奇克苏鲁布陨石坑的潜在撞击源；只要我们考虑到这些，我们就可以理解，为什么在过去30亿年或40亿年里，巨大的撞击事件都是罕见的（尽管在地球最初构建时期经常发生）。大多数小行星（约99%）和三分之一数量少得多的可见彗星从来没有比地球沿着轨道运行更接近太阳，因此，它们撞击地球的可能性为零。(注)

即使对于穿越地球运行轨道的潜在撞击源来说，撞击地球的可能性也是非常小的，这里有一个方法可以解释。我们用左手拇指和食指做一个圆圈，代表地球围绕太阳运行的轨道，太阳就是你的拇指和食指形成的圆圈中心的一个假想点。然后，我们用右手拇指和食指也做一个圆圈，并将这个圆圈与左手做的圆圈套起来，右手做的这个圆圈就代表一颗可能会撞击地球的小行星的轨道。现在我们想象一下，左手的圆圈从手指变成了人类头发直径的1/100细丝，代表出地球扫过的路径。我们再想象一下，右手的圆圈缩成一根直径仅有左手那根想象出来的细丝1/1000的细丝，代表小行星的路径。只有当这两根细丝相互穿过的时候，才有可能发生撞击；并且，由于撞击源的轨道随着时间移动，因此在细丝不再相交之前，只有很短的发生撞击的可能性。再者，即使这两个轨道确实短暂地相交，也只有一个很小的时间之窗，最多几分钟，并且此时撞击源和地球恰好同时处于相交点，否则，就不会发生撞击。对于任何给定的小行星或彗星，撞击的概率非常小！

假如有大量的潜在撞击源，如同沙粒大小的微小物体，那么从统计上讲，将会有很多撞击。这就是为什么在晴朗的夜空中，我们偶尔会看到流星，或者飞驰而过的星星，这是一颗沙粒大小的陨石，当它以极高的速度进入地球大气层的时候，发生摩擦而燃烧起来。但是，对于大到足以导致灭绝的物体，能够统计到的撞击将极其罕见。

撞击真的是不可预测的吗？这里，我们遇到了一个令人着迷的悖论。一方面，没有什么能比太阳系中的轨道运动更精确的计算了，而太阳系的轨道运动完全由物理学定律所决定。这就是为什么天文学家可以提前几个世纪准确地预测每一次发生日食在地球上可以看到的时间和地点；这也是为什么太空船可以被送入太空轨道，几年后与行星会合。

另一方面，有两个因素可以混淆这些预测。如果我们的潜在撞击源是一颗彗星的话，在彗星的岩石和泥土的基质中有冰袋，当这颗彗星接近太阳的时候，太阳发出的热量会蒸发这些冰袋，产生小股蒸汽喷射，以微小的但却是不可预测的方式偏离彗星既定的轨道。

更有趣的是，现在我们知道，在一个有着两个以上天体的系统中的轨道，就像我们的太阳系轨道一样，本质上在长期内是不可预测的。这就是所谓的确定性混沌。这意味着，即使我们非常清楚太阳系所有的天体在其历史早期的位置和运动，并且我们拥有无限的计算能力，我们仍然不可能计算出今天的位置和运动。因此，有一个微妙但重要的区别，体现在确定性混沌这个术语中。(注)轨道物体的运动完全由物理学定律决定，但它们是不可预测的，因为我们永远不可能知道它们的初始条件。从长远的角度来看，原始位置和运动的最微小差异在今天的太阳系中产生了巨大的变化，这种状态被称为“对初始条件的敏感依赖性”。从这个意义上说，造成恐龙灭绝的撞击就是不可预测的。

当我们想知道撞击是否有重大意义的时候，我们遇到了另一个与规模有关的问题。像奇克苏鲁布这样的撞击，除掉了地球上大约一半的动物属，包括大型的恐龙，并将一些以前的小型动物——哺乳动物——带上了主导地位；可以说，无论从哪方面来说，这样的撞击都是意义重大的。然而，对于任何在撞击点的生命来说，较小规模的撞击也是重要的，比如，2013年2月15日在俄罗斯车里雅宾斯克上空燃烧的流星，但这样的撞击只是极小的局部规模，绝非整个地球范围。更小的撞击，如流星，一个晚上会出现几次，无论如何都是微不足道的。

生命和人类范畴中的偶然性

当我们离开无生命世界的宇宙和地球范畴，跨过生命有机体和人类范畴的门槛，偶然性就变得更加普遍，也更加难以理解了。在这一范畴内，情况要比物理学家们的四个阶段复杂得多，因为每一个生物体都是一种大自然选择的“代理人”，善于获取营养和繁殖。每一种“代理人”都在与其他同类竞争中获取营养物质，以避免被吃掉。伴随着进化的发展，新的方法出现在这双重任务之中，偶然性的机遇很多，其结果就是生命历史确实发生了。

例子无处不在。大约在5.4亿年前，食肉三叶虫眼睛的进化被认为引发了许多可能成为其猎物的物种进化出身体的坚硬保护壳，这标志着丰富的化石记录的开始。在欧洲，一种新型致命细菌的出现，导致了黑死病的发生，从而彻底改变了欧洲中世纪的历史。

再举一个例子，我经常会思考这样的事实，那就是我们有两条胳膊和两条腿。除了鸟类之外，很少有其他动物用两条腿行走。从地猿到南方古猿，再到智人，这是一个重大的进化过程，我们人类因此能够靠着我们四肢中的两条腿行走，解放了我们的双手；这样，我们就有可能学会制造和使用工具，而工具是人类境况极为关键的一个方面。我们人类的四肢是由总鳍鱼类——如提塔利克鱼和棘螈——的四个鳍进化而来的，它们大约在3.7亿年前进化成了第一批陆地动物。[注]让我们以反事实的思维模式进行思考，假设那些鱼有六个鳍，可能陆地动物从一开始也有六肢。它们用四条腿行走，这会容易很多；如果事实是这样的话，它们还有两条胳膊，可以用来制造和使用工具吗？靠着地球上出现的这些看似半人半马的智能动物，像人类的智慧和工具制造会比实际的历史发展出现得更早吗？

智能、语言和工具的出现，标志着人类范畴的开始。随着人类历史的出现，偶然性变得更加普遍。这种作用不容易被量化，但是仔细想想还是很有意思的。例如，在实验中，我们发现，如果每个生物体的个体基因赋予它生存和繁殖的优势，这些基因很可能就会被遗传。每一代继承上一代的时间限制了基因突变的累积速度。

但是，我们的大脑允许我们对可能的未来进行思维实验，例如，当我长大之后，我应该成为音乐家还是科学家，或者可能成为银行劫匪吗？我们每个人都可以在一生中进行许多这样的思维实验，并决定在现实生活中进行哪一种思维实验，从而允许巨大的偶然性引导历史走向无数可能的道路中的一条。想想，假如阿道夫·希特勒没有从政，而是继续从事他早期的艺术家职业生涯，那么20世纪将有多么不同。

神经生理学家威廉·加尔文提出，在人类的大脑中，一个构建多种场景并在其中进行选择的类似过程不断发生。[注]根据加尔文的观点，即使在一次快节奏的谈话中，大脑也会产生许多的可能性，来决定接下来该说什么，然后选择其中之一说出来；这也许是基于之前在类似情况下的经验。人们说出当时选择的那些很有创意的想法和事情，过后可能会后悔，因为人类具有通过大脑不断产生大量可能场景的能力。以这种方式运行的系统，通过产生多种可能性并在其中进行选择，被称为达尔文机器。[注]其中，无论是进化还是人类大脑，似乎都是生命历史和人类历史这条极具偶然性道路上的主要贡献者。

人类历史中的偶然性：西班牙无敌舰队

偶然性在人类历史上无处不在。作为一名地质学家，我发现偶然性非常值得人们去关注和研究。大历史的创始人大卫·克里斯蒂安曾经告诉我，对他这位来自人文学科的学者来说，偶然性实在是太丰富了，他对这些偶然性已经不是特别感兴趣了，他倒是更愿意试着去认识连续性。现在，我们来讨论一下西班牙和英国历史上的一个案例，这会让人类历史中的偶然性给我们留下更深刻的印象。西班牙和英国在历史上发生的这两次偶然事件也涉及地质学。可以说，在任何我们感兴趣的地方，都能在历史上找到同样戏剧性的偶然事件的例子。

1588年，西班牙在欧洲拥有最强大的势力，是一个控制着旧世界和新世界的强大帝国，每年，大量的白银从秘鲁和墨西哥运到西班牙。这笔巨大的收入主要用于对新教徒发动宗教战争。西班牙强大的国王腓力二世对新教的英国特别敌视，建造了一支庞大的舰队——西班牙无敌舰队——穿越英吉利海峡，准备使用武力将英国人带回天主教。

腓力二世的计划中有什么偶然性吗？其实，甚至腓力二世成为西班牙国王这一事实本身也是极有可能成为不可能发生的事。稍后我们再来讨论他的父亲查理是如何在他之前成为国王的。显然，如果腓力二世没有作为一个狂热的天主教徒的成长经历，就不会有他后来要进攻英国的动机。此外，如果没有英吉利海峡，他也就没有必要打造一支无敌舰队了。在16世纪，西班牙军队是欧洲最强大的；任何地方的士兵都无法与之抗衡。假如当时的英国是一个半岛，而不是一个岛，腓力二世的军队就可以很容易地进入英国，并占领它。但是，在欧洲大陆和英国之间有一个英吉利海峡，这是一条天然的“护城河”，从中世纪一直到第二次世界大战，这条“护城河”始终保护着英国。

当然，一位地质学家会问，为什么那里有英吉利海峡？基于最新的研究成果得出的答案向我们展示了一段非常有吸引力的历史。在更新世冰期的某个时间点上，仍然有一块高地连接英国和法国，这块高地在如今多佛尔海峡那个位置。由于加拿大和其他大冰原上的所有水都被“锁住”了，海平面比今天低大约300英尺。冰川覆盖了斯堪的纳维亚半岛和英国的大部分地区。当它们退去的时候，形成了一个巨大的融水湖（meltwater lake），被围在北部的冰原和多佛尔高地之间；事实上，多佛尔高地是一个背斜（anticline）——沉积岩的上折部分。在某个时间

点，湖水的水位上升到一定高度，溢出了多佛尔大坝，在地质学家称为超级洪水期间，灾难性的侵蚀作用形成了一条巨大的水道。关于超级洪水之说，是在40年前提出来的[注]，但直到2007年才得到证实。[注]当时，对英吉利海峡底部所做的详细调查显示，那里存在着由特别大的洪水冲击形成的流线状前岛，这些前岛就像我们已知的华盛顿中部的冰川洪流水道一样。这是史蒂文·达奇的反事实历史推测背后的硬科学，我们在本书的第六章中谈到过。假如上一次冰期不那么寒冷的话，有可能就没有英吉利海峡，那么，腓力二世的无敌舰队也就没有组建的必要了。

无敌舰队在1588年的出征计划是，从西班牙航行到佛兰德斯，在那里接一支西班牙军队，并将这支军队运送到英国，进攻英国。但是，由于沟通失误以及相互间的误解——战争时期常见的突发情况——这次作战计划受到了干扰。无敌舰队航行到了加来附近的英吉利海峡，停泊在那里，等待西班牙军队的到来。一天晚上，刮起大风，英国人发现风向对他们有利；于是，他们放火烧了几艘旧船，借助风力，把这几艘旧船送到了拥挤的西班牙舰队停泊的地方。西班牙无敌舰队长官马上发出命令，舰队很快起航，但是，舰船都在设法避开燃烧着的英国船只，阵脚大乱。在随后的混乱中，无敌舰队四散逃离，根本不可能接上西班牙军队进攻英国。在这次事件中，风向、英国人的巧妙进攻以及无敌舰队指挥混乱，导致许多舰船和船员都失踪了。幸存的舰船绕过英伦三岛，回到西班牙。一些人回到了家，但西班牙失去了进攻英国的机会。也许，从这次事件中，我们可以得出这样的结论：为什么英国仍然是新教国家？为什么在美洲建立殖民地的是讲英语的人，而不是讲西班牙语的人？这些都与一次地质学上微不足道的偶然性——在一个特定夜晚的风向——有一定的关系。然而，只是在那个特殊的夜晚，风吹的方向的确对历史起到了重要作用。显然，一次偶然事件只有在所谓的“关键时刻”才产生意义。

偶然性在人类历史上无处不在。这也是一次偶然的、灾难性的地质事件。正是因为英吉利海峡，腓力二世才有必要建立无敌舰队，进攻英国，消灭新教；马丁·路德在德国的思想引发了新教改革，而腓力二世决心扭转这一局面。他的生活经历、思想和信仰的偶然性导致了无敌舰队的建立，战争中的偶然性导致无敌舰队停泊在某个地方等待运送军队，而有风向助力的英国人使用燃烧的船只摧毁无敌舰队。但是，是什么样的偶然性会使腓力二世这样一个人出现并促发了这一系列事件呢？在这一章的最后，我们来看看，出现腓力二世这样的人——或者我们人

类中的任何一个人——有多大的偶然性。要知道，这一偶然性的出现有着惊人的微小概率。

我们生命的偶然性

我们可以认识到生活中的连续性，比如老龄化趋势，如从幼年到老年的持续变化；我们也可以认识到生活中的循环，比如昼夜和季节的循环。然而，我们的生活却充满了偶然性——意外事件、变幻莫测的疾病或健康问题，或者导致冲突、友情或爱情的偶然相遇。甚至说，我们的存在本身就是完全偶然的，而且在某种程度上，令人难以置信。我们可以从腓力二世是如何出现的，又是如何成为国王的过程中看到偶然性；并且，我们还可以从每个家族的历史中看到偶然性。

在西班牙无敌舰队时代，腓力二世是西班牙国王。他之所以能够成为国王，是因为上一代发生的一系列偶然事件。他的父亲，查理五世于1516年成为国王，1519年成为神圣罗马帝国皇帝。查理继承了一份惊人的遗产——一个覆盖欧洲大部分地区和新发现的美洲的大帝国。但是就在几年前，还没有人预料到他会继承西班牙或其他任何地方的王位。查理成为西班牙国王，这与他的母亲胡安娜有关。胡安娜是费迪南和伊莎贝拉的第三个孩子，也是哥伦布的赞助者。西班牙的王位本该传给费迪南和伊莎贝拉的独子胡安王子，但是，他19岁时就去世了，而他唯一的孩子也是死胎。第二位王位继承人是他们的女儿伊莎贝拉，但她在生下独子后去世，而独子也在婴儿期去世。这样，胡安娜成为女王，她的儿子查理才有了机会成为国王。即使在那个分娩期间死亡率很高的时代，查理的崛起也会令人惊讶。正是这些偶然事件，使得查理在西班牙权力鼎盛时期登上了王位；之后，他的儿子腓力二世也才有机会登上西班牙王位。

腓力二世靠着偶然的机遇登上王位，他的无敌舰队由于偶然事件而惨败，这些对世界历史的发展产生了巨大的影响。很少有人在偶然性层面上能够达到这一程度，但是，毕竟我们人类能够存在这一事实也是具有极大的偶然性的。现在，我们来探讨一下我们每个人的偶然性。返回到一两代人以前，我们当中的任何一个人，甚至出生的概率都是微乎其微的。仅仅是我们的存在就要满足偶然性的三个条件。除非是同卵双胞胎中的一个，否则一个与我们的基因完全相同的人的出生不仅罕见，而

且是不可能的；这是不可预测的，至少在家庭和朋友层面上是如此。每个个体的稀有性和不可能性至少可以粗略地量化。我们通过估计我们自己的不可能性所了解到的事情，得到一些启示，提出最深层次的问题。这是人类境况的一部分，我还从未找到对此类问题的深入探讨；并且，这是一个合适的方法，来完成一本关于人类境况的书。

我的曾祖父路易斯·费尔南德斯·阿尔瓦雷茨7岁时跟随哥哥从西班牙移民到古巴；在西班牙毕尔巴鄂的时候，他们的父亲从阳台上摔下来身亡，而他们在此之前已经失去了母亲。最终，我的曾祖父先后在夏威夷和加利福尼亚当了医生。每当想到我的曾曾祖父的早逝，我都感到难过；但我也意识到，如果没有这一偶然事件，路易斯可能永远不会离开西班牙，我们这个家族就不会有在加利福尼亚的分支，我也就不存在了。

每次我告诉人们这件事的时候，也会听到一些人谈起他们是如何出于某种偶然性而来到这里的，这些故事都是一些奇特的经历。鲁迪·索尔泽（Rudy Saltzer）是我的好朋友，他是一位优秀的合唱队指挥，下面是鲁迪的故事：在第一次世界大战中，他的父亲是俄国军队中的一名士兵。有一天晚上，轮到他的父亲站岗。这一夜，他彻夜未眠。第二天晚上，他自愿站岗，代替一个生病的朋友。不幸的是，他在哨岗上睡着了。这在当时是犯了死罪的。他被关进了监狱。一名来访的军官在部队上尉的陪同下进行巡视，当他们经过鲁迪父亲被关押的地方时，这个巡视的军官注意到了铁栅栏后面鲁迪的父亲，便问起了他的情况。上尉说，鲁迪的父亲被关在监狱，是因为他在站岗时睡着了，第二天早上就要被枪毙。巡视官认为，这件事虽然很不幸，但还是必要的。然后他问，这个囚犯是不是一个优秀的士兵。上尉回答说：是的，除了这一次是个例外，鲁迪的父亲当然是一个优秀的士兵。随后，上尉又补充说，鲁迪的父亲有点不寻常——他是犹太人。巡视官听上尉说鲁迪的父亲是犹太人，想了一会儿，然后说：“这个夜晚对于犹太人来说应该是一个特殊的日子吧？我想，叫赎罪日吧。”上尉回答说是，他认为巡视官听懂他的意思了。然后巡视官说：“鉴于他是一名优秀的士兵，既然这是犹太人的一个特殊日子，让我们原谅他，就这一次。”几年以后，鲁迪的父母移民了，鲁迪出生在洛杉矶。

尽管我们的故事并不总是像鲁迪的故事那么戏剧化，毕竟我们的存在都有偶然性。正因为如此，我们才能够出现在这个世界上。想一想你的父母、你的祖父母，以及你的祖先中的每一对夫妇，在千百万年前，

会不会相遇，会不会有一个孩子，会不会有那么一个特定的孩子，不知过了多久之后成为你的祖先之一，或者成为你！比尔·布莱森（Bill Bryson）正是从这样一个点上开始讲述恢宏的大历史传奇——我们每一个人的存在几乎都是难以置信的。[注]只是，我们到底有多大的不可能性？

我们有多大的不可能性？

有两种方法可以用来思考我们每个人的出生有多大的不可能性：在第一种方法中，先来想一想你的家谱——你、两个父母、四个祖父母、八个曾祖父母，等等，每回到过去的一代就会增加一倍人数。回到10代人以前，你有大约1000个祖先；回到20代人以前，你有100万个祖先；回到30代人以前，你有10亿个祖先，等等，以此类推。实际上，我们不应该说有100万个祖先，而是应该说，在族谱树上的那一层有100万个个体框（boxes），因为你是通过多种途径从特定的个体中派生出来的。有一点我们应该清楚，当你意识到在文艺复兴时期之后，在你的族谱树上的那一层，应该出现的个体框远比当时你的家族真正活着的人要多得多。难怪对族谱感兴趣的人很少能把一个完整的家谱追溯到几代人之前！

这就是关键所在。孩子的性别在受孕过程中基本上是随机决定的，这取决于成功的精子细胞携带的是X染色体还是Y染色体。现在，如果你的祖先中的任何一个，在无数个个体框中，追溯到多细胞生命的开始——大约10亿年前，曾是另一个性别，那么，那个个体就不能占用个体框，而你也就不存在了。这生动地展示了我们出生的偶然性，让我们有一种感觉，我们是否能够出生，就像悬在最脆弱的机会网上一样，要一直回溯到生命的开始。有些人认为，这简直太可怕了。另一些人则认为，这让我们变得极其特别。

那么随后，我们来探讨第二种方法，看看我们是否可以粗略估算一下我们的出生有多大的可能性，或者不可能性。如果我们问，整个世界上下一代会有多少人出生，答案是大概10亿，即10^9。如果我们问，就卵子和精子的数量而言，下一代可能会有多少人出生，答案是，粗略估算为10^{25}。[注]

这些指数意味着什么？10^{25}这个数字看起来会比10^9大得多吗？大多数人不太可能有机会思考用指数形式书写的数字的实际意义。因此，这里有一种方法可以把指数形象化：如果我们捧起一把细沙，10^9这个数字就是两把细沙，但是，10^{25}这个指数所代表的细沙数量则足以填满10个大峡谷！两把细沙所代表的10^9这个指数就好比我们这些今天还活着的人，而填满了10个大峡谷那么多的细沙所代表的10^{25}这个指数则是所有那些有可能成为人而实际上永远没有机会出生的数量。

如果我们考虑到更多代人，情况会变得更糟，超过两代，就可能有10^{50}个个体，超过三代可能有10^{75}个个体，超过四代可能有10^{100}个个体，等等。乍一看，这些数字像天文数字，但实际上它们不是……它们是超天文数字！10^{100}这个指数远远大于宇宙中基本粒子的估计数（约10^{80}）。也许，我们可以把10^{100}这个指数展开，用数字形式写出来，就能够清楚地知道这个指数到底有多大了：(注)

10000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000(

假如我们的曾曾祖父母都生养了孩子，这个数字就有可能是在我们这一代出生的人数。我们是少数有机会出生的人。我们只能得出这样的结论，我们每一个人，以及我们曾经遇到的每一个人，都是有史以来在这场靠碰运气取胜的最残酷无情的游戏中的赢家。我们都是超天文概率的赢家！

近140亿年的宇宙历史，超过40亿年的地球历史和生命历史，几百万年的人类历史，所有这些都受到自然规律的制约，但是，由于数不胜数的偶然性，它们以一种完全不可预测的方式展开——这一历史产生了我们所生存的人类境况。我们这些极为少数有机会来到这个世界的人——的确是非常幸运的——是继承了这个世界和这种境况的人；并且，正是我们的行动，将影响正在展开的大历史进程的下一个篇章。

1. 阿诺德·汤因比进行了一次众所周知的、非常缜密的尝试，试图制定控制人类历史的规律（尽管不是数学定律），请参阅 Arnold Toynbee (1934–1961，A study of history,London,Oxford University Press)。格雷姆·斯诺克斯对这一尝试的当前状况做了评述，请参阅：Graeme Snooks 1998,The laws of history,London,Routledge,308 p.
2. Gould,S.J.,1987,Time’s arrow,time’s cycle,Cambridge,Mass.,Harvard University Press,222 p.
3. 布拉德利于2011年已经编制了许多这样的数据，见Secular trends in the geologic record and the supercontinent cycle:Earth-Science Reviews,v.108,p.16–33,and in its online supplement。
4. Muller,R.A.,and MacDonald,G.J.,2000,Ice ages and astronomical causes，New York,Springer,figures in Ch.1.

5. 1588年8月7日-8日晚，英国在加来对西班牙无敌舰队发动了一次火船袭击，风向在这次袭击中起到了很大的作用，这次袭击成为英国胜利的开端。1862年9月，罗伯特·E.李将军发布的行军命令被联邦军士兵截获，这使得联邦军在随后的安提坦战役中占据了优势。

6. 斯蒂芬·平克对战争中的幂律分布有明确解释，请参阅Pinker,S.,2011，The better angels of our nature:Why violence has declined,New York,Viking,p.210–215。（本书简体中文版《人性中的善良天使：暴力为什么会减少》由中信出版社出版。）

7. 巨大而显著的撞击是罕见的，因为围绕太阳运行的小天体比大天体多得多。沙粒大小的潜在撞击源非常丰富，但如山大的潜在撞击源却极为罕见。B612基金会由曾经的宇航员埃德·卢（Ed Lu）发起，旨在寻找所有危险的潜在撞击源。如果发现威胁地球的撞击源，人类就会发起一项太空任务，设法将其转移。B612基金会的网页是：http://b612foundation.org/。目前，潜在撞击源的体积规模的分布是其自身复杂历史的结果。在早期太阳系中，所有规模的撞击源的范围都更为丰富。这一时期是在大多数碎片击中其他物体而被吹走或被抛出太阳系之前。这段清理碎片的历史解释了为什么月球表面布满陨石坑。月球自形成以来很少发生过什么变化，这使得月球表面可以被看作早期太阳系历史“博物馆”。早期的地球肯定也是这个样子，只是我们这个星球剧烈变化的地质历史几乎抹去了它遥远过去的每一个痕迹。但是，还有一个更为复杂的问题：我们现在知道，至少在大约4.66亿年前的奥陶纪，小行星带发生过一次碰撞，这次碰撞造成了两个天体的解体，大大增加了太阳系内部小行星碎片的数量。这导致了地球上撞击形成陨石坑事件异常多，并且在那个时期，沉积物中的陨石和陨石碎片也比其他年代要多得多，马里奥·塔西纳里和比格尔·施密茨在瑞典最早发现了这一异常现象。请参阅Schmitz,B.,and Tassinari,M.,2001,Fossil meteorites,in Peucker-Ehrenbrink,B.,and Schmitz,B.,eds.,Accretion of extraterrestrial matter throughout Earth’s history,New York,Kluwer,p.319–331。比格尔·施密茨目前正在研究，在过去的5亿年里，沉积记录中陨石尖晶石颗粒的丰度和化学性质，目的是重建撞击地球的历史，包括撞击频率和撞击源的类型。他分析了沉积物中的陨石尖晶石颗粒的化学性质，从中认识到这一点，请参阅Schmitz,B.,2013,Extraterrestrial spinels and the astronomical perspective on Earth’s geological record and evolution of life:Chemie der Erde,v.73,p.117–145。

8. Prigogine,I.,and Stengers,I.,1984,Order out of chaos:Man’s new dialogue with nature,Toronto,Bantam,section II.4,“Laplace’s Demon，” p.75–77.

9. Lorenz,E.,1993,The essence of chaos,Seattle,University of Washington Press,227 p.;Briggs,J.,and Peat,F.D.,1989,Turbulent mirror:An illustrated guide to chaos theory and the science of wholeness,New York,Harper and Row,222 p.

10. Zhang,D.,Györgyi,L.,and Peltier,W.R.,1993,Deterministic chaos in the Belousov-Zhabotinsky reaction:Experiments and simulations:Chaos，v.3,no.4，p.723–745.互联网上有许多关于贝洛索夫-扎博丁斯基震荡反应的演变模式的视频。

11. May,R.M.,1976,Simple mathematical models with very complicated dynamics:Nature,v.261,no.5560,p.459–467.For a clear explanation of the behavior of the iterated logistic equation,see Gleick,J.,1987,Chaos:Making a new science,New York,Viking,p.69–77.

12. 从技术上讲，由于今天的鸟类是恐龙的后代，实际上只有非鸟类恐龙在6600万年前灭绝了：Dingus,L.,and Rowe,T.,1998,The mistaken extinction:Dinosaur evolution and the origin of birds,New York。

13. Alvarez,L.W.,Alvarez,W.,Asaro,F.,and Michel,H.V.,1980,Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction:Experimental results and theoretical interpretation:Science,v.208,p.1095–1108;Smit,J.,and Hertogen,J.,1980,An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary:Nature,v.285,p.198–200;Alvarez,W.,1997,T.rex and the Crater of Doom，Princeton,Princeton University Press,185 p.;Schulte,P.,et al.,2010,Impact and mass extinction:Evidence linking Chicxulub with the Cretaceous-Paleogene boundary:Science,v.327,p.1214–1218.越来越多的迹象表明，在大撞击和大灭绝时期，印度发生了巨大的德干火山喷发，尽管不是由大撞击引起的，但可能受其影响，并且，德干火山喷发也可能是大灭绝的原因之一，请参阅:Richards,M.A.,Alvarez,W.,Self,S.,Karlstrom,L.,Renne，P.R.,Manga,M.，Sprain,C.J.,Smit,J.,Vanderkluysen,L.,and Gibson,S.A.,2015,Triggering of the largest Deccan eruptions by the Chicxulub impact:Geological Society of America Bulletin,v.127,no.11/12,p.1507–1520。

14. 680062颗已知小行星和3330颗可见彗星的近日点距离，来自美国国家航空航天局（NASA）的喷射推进实验室小天体资料库的搜索引擎（http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x）。

15. Gleick,J.,1987,Chaos,New York,Viking,352 p.;Lorenz,E.,1993,The essence of chaos,Seattle,University of Washington Press,227 p.

16. Shubin,N.,2008,Your inner fish:A journey into the 3.5-billion-year history of the human body,New York,Random House,240 p.

17. Calvin,W.H.,1987,The brain as a Darwin machine:Nature,v.330,p.33–34.

18. Plotkin,H.,1994,Darwin machines and the nature of knowledge,Cambridge，Mass.,Harvard University Press,269 p.

19. Roep,T.B.,Holst,H.,Vissers,R.L.M.,Pagnier,H.,and Postma,D.,1975，Deposits of southward-flowing Pleistocene rivers in the channel region,near Wissant,NW France:Palaeogeography,Palaeoclimatology,Palaeoecology，v.17,no.4,p.289–308;Smith,A.J.,1985,A catastrophic origin for the palaeovalley system of the eastern English Channel:Marine Geology，v.64,no.1–2,p.65–75.

20. Gupta,S.,Collier,J.S.,Palmer-Felgate,A.,and Potter,G.,2007,Catastrophic flooding origin of shelf valley systems in the English Channel:Nature,v.448,no.7151,p.342–345.一个非技术性的账户可以在线应用。

21. Bryson,B.,2003,A short history of nearly everything,New York,Broadway Books,p.1–4.

22. 我所使用的是保守的估计：大约10^9名妇女将有可能生育下一代，每个妇女大约有10^3个卵子，总共有10^{12}个卵子。她们可能会遇到10^3个男人，大约有10^8个精子试图在受孕时首先到达那里，会有10^2个可能的机会，总共有10^{13}个精子。将卵子的数量乘以精子的数量可以得到10^{25}种可能的组合。

23. 巧合的是，这个数字10^{100}被称为“古戈尔”，或“大数”，作为一个非常大的数字的例子，请参阅：Kasner,E.,and Newman,J.R.,1940,Mathematics and the imagination,New York,Simon and Schuster,p.20–25.Carl Sagan has also discussed the googol:Sagan,C.,1980,Cosmos,New York,Random House,p.219–220.

鸣谢

我在世界上的许多地方都进行过地质考察，米莉·阿尔瓦雷茨始终陪伴着我，这使我对大历史产生了浓厚的兴趣。弗雷德·斯皮尔最先向我讲述了大历史这一新兴领域，并且让我与大历史这一新兴领域的创始人大卫·克里斯蒂安取得了联系，也因此，我们有机会对大历史进行多次精彩的讨论。

本书中的许多想法和见解都是在我与我挚爱的同事们的讨论中形成的。加州大学伯克利分校的拉斐尔·布索（Raphael Bousso）、吉格斯·戴维斯（Jiggs Davis）、克里斯·恩贝格（Chris Engberg）、奥尔加·加西亚·莫雷诺（Olga García Moreno）、丹·卡内尔（Dan Karner）、亨里克·莱托、里奇·穆勒（Rich Muller）、马克·理查兹（Mark Richards）、罗兰·塞科和戴维·岛袋。意大利科尔迪乔地质观测站的菲利普·克莱斯（Philippe Claeys）、克里斯蒂安·科贝尔（Christian Koeberl）、保罗·科普西克（Paul Kopsick）、葆拉·梅塔罗（Paula Metallo）、桑德罗·蒙塔纳里、比格尔·施密茨（Birger Schmitz）和简·斯密特。印第安纳州石器时代研究所的凯西·希克和尼克·托特。华盛顿雷蒙德微软研究中心的唐纳德·布林克曼（Donald Brinkman）、比尔·克劳（Bill Crow）、达龙·格林（Daron Green）、托尼·赫伊（Tony Hey）、拉内·约翰逊（Rane Johnson）、洛莉·艾达·基蒂（Lori Ada Kilty）、哈维尔·波拉斯·卢拉斯基（Javier Porras Luraschi）、卡尔·维斯瓦纳坦（Kal Viswanathan）、鲍勃·沃尔特（Bob Walter）、柯蒂斯·王（Curtis Wang）和迈克·兹斯科夫斯基（Mike Zyskowski）。大家庭的唐·阿尔瓦雷茨、吉恩·阿尔瓦雷茨、海伦·阿尔瓦雷茨和安德鲁·哈斯（Andrew Harth）。

我在与2010年创办国际大历史协会的同事们针对大历史问题进行探讨和研究的过程中产生了许多令人振奋的想法。他们是克雷格·本杰明（Craig Benjamin）、辛西娅·布朗（Cynthia Brown）、大卫·克里斯蒂安、迈克尔·迪克斯（Michael Dix）、达龙·格林、洛厄尔·古斯塔夫森（Lowell Gustafson）、桑德罗·蒙塔纳里、巴里·罗德里格（Barry Rodrigue）、罗兰·塞科、戴维·岛袋和弗雷德·斯皮尔。

我在加州大学伯克利分校开设了五年大历史课程，参与此项课程教

学的研究生助教以及选修此课程的学生和旁听生们提了许多很好的主意：戴维·岛袋、迪伦·斯帕丁（Dylan Spaulding）、乔安妮·爱默生（Joanne Emerson）、莱恩·凯利（Ryan Kelly）和戴维·马格尼特（David Mangiante）。罗兰·塞科卓越的计算机缩放大历史时间线——“时间缩放”，也是从这门课中脱颖而出的，并获得了微软研究院的慷慨资助和强大的专业技术支持。

以下同事对一个或多个章节提出了宝贵的意见：阿尔伯特·艾默曼、彼得·比克尔（Peter Bickel）、拉斐尔·布索、卡洛斯·卡马戈（Carlos Camargo）、加布里·古铁雷斯·阿隆索（GabrielGutierrez Alonso）、埃尔德里奇·摩尔斯、达米安·南斯（Damian Nance）、莉萨·兰德尔、杰克·雷普切克、比格尔·施密茨、杰夫·什里夫（Jeff Shreve）和简·文迪蒂（Jann Vendetti）。

杰克·雷普切克从一开始就提出了非常明智的建议，指导这一项目，遗憾的是，他没能继续下去；由杰夫·什里夫接续的工作做得非常完美。我很感激南希·克罗（Nancy Crowe）为本书设计的章节标题，四大板块涵盖了大历史的范畴。

对所有这些同事和朋友，还有其他许多人——会无意中漏掉——尽管没有给出名字，诚挚地感谢你们，与我共同经历了这次伟大的智力冒险！

附录　延伸阅读文献

读者若有意对大历史进行更加深刻的理解，或者希望对相关范畴的知识有更多的了解，可以通过多种途径找到各种有帮助的参考资料。以下给出的是一些影响我思考的书籍以及其他文献资源。

大历史概述

比尔·布莱森的畅销书《万物简史》对许多科学领域做出了解释，实际上，这是一位优秀作家对大历史的完美概述：*A short history of nearly everything*,New York,Broadway Books,544 p.

另一路径是弗雷德·斯皮尔的两本书，其对大历史的本质做了简明扼要但足以发人深思的阐释：1996,*The structure of Big History*,Amsterdam,Amsterdam University Press,113 p；2010,*Big History and the future of humanity*,Chichester，John Wiley and Sons,272 p（《大历史与人类的未来》已由中信出版社出版）。

大历史领域的创始人大卫·克里斯蒂安既对过去发生的所有事件进行了详尽的概述，也对大历史做了全面总结：*2004,Maps of time*（《时间地图：大历史，130亿年前至今》已由中信出版社出版）。*An introduction to Big History*,Berkeley，University of California Press,642 p；2008,*This fleeting world:A short history of humanity*,Great Barrington,Mass.,Berkshire,112 p.辛西娅·布朗也撰写了一部大历史通史:2007,*Big History:From the Big Bang to the present*,New York,New Press，288 p.

大卫·克里斯蒂安、辛西娅·布朗和克雷格·本杰明于2014年出版了第一本大历史教科书：*Big History:Between nothing and everything*,New York,McGraw Hill,332 p.

卡尔·萨根的《宇宙》也许是展示什么是大历史的第一部现代作品。它既可以作为电视节目片段呈现在网络上，也有图书：1980,*Cosmos*,New York，Random House,365 p.

理解大历史的进展与能否对所有四个范畴的事件进行年代测定密切相关，马修·海德曼（Matthew Hedman）对几个最重要的年代测定技术给出了很好的解释：2007，*The age of everything:How science explores the past*,Chicago,University of Chicago Press,249 p.

一支由俄美科研人员组成的团队编辑了两部关于大历史的内容丰富的论文集：L.E.Grinin,A.V.Korotayev,and B.H.Rodrigue,2011,*Evolution:A Big History perspective*,Volgograd (Russia),Uchitel Publishing House,303 p.;B.H.Rodrigue,L.E.Grinin,and A.V.Korotayev,2011,*From Big Bang to galactic civilizations:A Big History anthology*,v.1:*Our place in the universe—An introduction to Big History*,Delhi,Primus Books,357 p.(further volumes to appear)

古人类学家凯西·希克和尼克·托特建立了一个网站，这样，我们可以在网上浏览《从大碰撞到万维网》：http://www.bigbangtoww.org/。

国际大历史学会召开会议，发表月度通讯，欢迎新会员：http://www.bigbangtoww.org/。

由大卫·克里斯蒂安和比尔·盖茨主持的“大历史研究项目”提供了有关过去各个方面的大量信息：https://www.bighistoryproject.com/home。

在优兔（YouTube）上，可以找到我做的关于大历史的几个演讲视频，还可以找到大卫·克里斯蒂安以及其他大历史学家的视频。

宇宙范畴

在“每日天文图像”上可以找到精彩的宇宙图片，并且每天都有一张新的宇宙图片：http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html。

我最喜欢的一部关于大爆炸理论的著作是艾伦·古斯撰写的，他是宇宙膨胀说的发现者：1997,*The inflationary univers*,New York,Vintage,358 p.另一本介绍大爆炸的好书是史蒂文·温伯格（Steven Weinberg）撰写的：1993,*The first three minutes:A modern view of the origin of the universe*,New York,Basic Books,203 p.发现宇宙背景辐射的乔治·斯莫特（George Smoot）和凯伊·戴维森（Keay Davidson）对宇宙背景辐射的详细结构给出了诠释：1993,*Wrinkles in time*,New York,Morrow,331 p.

莉萨·兰德尔对暗物质的性质以及对其进行探测的过程中出现的困难问题进行了深入的讨论，对与大灭绝事件可能相关联的因素做出推测：2015,*Dark matter and the dinosaurs*,New York,HarperCollins,412 p.事实上，她的所有著作对于深入了解宇宙和宇宙历史都是绝佳的路径：*Warped Passages* (2005)、*Knocking on Heaven's Door* (2011)、*Higgs Discovery* (2012)和 *Dark Matter and the Dinosaurs*(2015)。在另一本关于天文学前沿研究的有趣著作中，安娜·弗雷贝尔（Anna Frebel）诠释了如何在银河系中寻找最古老的恒星：2015,*Searching for the oldest stars:Ancient relics from the early universe*,Princeton,Princeton University Press,302 p.

宇宙学的一个核心问题是，为什么宇宙以如此方式运转——自然的数学定律是如何以及何时介入宇宙运转的？马丁·里斯在其撰写的一本支持多元宇宙概念的书中对这一问题有所涉猎，这是一本令人着迷的、极具影响力的书：2003,*Just six numbers:The deep forces that shape the universe*,New York,Basic Books,176 p.保罗·戴维斯撰写了一些关于宇宙学深层问题的发人深思的书：1983,*God and the new physics*,New York,Simon and Schuster,255 p.；1988,*The cosmic blueprint:New discoveries in nature's creative ability to order the universe*,New York,Simon and Schuster,224 p.;1992,*The mind of God:The scientific basis for a rational worl*,New York,Simon and Schuster,254 p.;and 2007,*The cosmic jackpot:Why our universe is just right for life*,Boston,Houghton Mifflin,315 p.

蒂莫西·费瑞斯（Timothy Ferris）为我们提供了有趣的天文学观点：1988,*Coming of age in the Milky Way*,New York,Morrow,495 p.；1992,*The mind's sky:Human intelligence in a cosmic context*,New York,Bantam,281 p.托马斯·库恩（Thomas Kuhn）的经典学术研究：1957,*The Copernican Revolution*,Cambridge,Mass.,Harvard University Press,297 p.杰克·雷普切克撰写了一本非常不错的哥白尼传记：2007,*Copernicus' secret:How the scientific revolution bega*,New York,Simon and Schuster,239 p.詹姆斯·格雷克撰写的牛顿传记同样是非常不错的：2003,*Isaac Newton*,New York,Pantheon,272 p.

杰伊·帕萨乔夫（Jay Pasachoff）和亚历克斯·菲利彭科（Alex Filippenko）编写了一部优秀的天文学入门教材：2007,*The Cosmos*,Belmont,Calif.,Brooks/Cole,500 p.

地球范畴

网络上提供“每日地球图片”：http://epod.usra.edu/。

也许，普雷斯顿·克罗德（Preston Cloud）是第一位在大历史背景下撰写地球历史的著名地质学家：1978,*Cosmos,Earth,and man:A short history of the universe*,New Haven,Yale University Press,372 p.,and 1988,*Oasis in space:Earth history from the beginning*,New York,W.W.Norton,508 p.塞萨雷·埃米利亚尼（Cesare Emiliani）采用相同的方法撰写他的著作：1992,*Planet Earth:Cosmology,geology,and the evolution of life and environment*,Cambridge,Cambridge University Press,717 p.

我之前写的两本书把地球历史的各个方面放在了一个更为广阔的大历史背景之中：Walter Alvarez,1997,*T.rex and the Crater of Doom*,Princeton,Princeton University Press,185 p.,and 2009,*The Mountains of Saint Francis*,New York,W.W.Norton,304 p.

杰出的作家约翰·麦克菲（John McPhee）为我们撰写了五部关于地质学和地质学家的著作，这些书被汇集为一卷：1998,*Annals of the former world*,New York,Farrar,Straus and Giroux,696 p.地质学家马西娅·比约内鲁德（Marcia Bjornerud）给我们带来了关于地球研究的一部极好的传记作品：2005,*Reading the rocks:The autobiography of the Earth*,Cambridge,Mass.,Westview Press,237 p.

有关三位地质学先驱尼古拉斯·斯坦诺、詹姆斯·赫顿和威廉·史密斯的简明传记有助于理解科学家最初是如何意识到地球有着悠久的历史并被记录在岩石之中的：Alan Cutler,2003,*The seashell on the mountaintop:A story of science,sainthood,and the humble genius who discovered a new history of the Earth*,New York,Dutton,228 p.;Jack Repcheck,2003,*The man who found time*,Cambridge,Mass.,Perseus,247 p.；and Simon Winchester,2001,*The map that changed the world:William Smith and the birth of modern geology*,New York,HarperCollins,329 p.

查尔斯·朗缪尔（Charles Langmuir）和沃利·布洛克（Wally Broecker）解释了地球的进化以及它如何成为生命和人类的家园：2012,*How to build a habitable planet:The story of Earth from the Big Bang to humankind*,Princeton,Princeton University Press,718 p.乔纳森·鲁宁

（Jonathan Lunine）采用同样的方法撰写他的著作：2013,*Earth:Evolution of a habitable world*,2nd edition,Cambridge,Cambridge University Press,327 p.关于地球历史的更多技术性的研究，参见Kent Condie:2005,*Earth as an evolving system*,Amsterdam,Elsevier,447 p.

布伦特·达尔林普详细解释了地质学家如何对地球过去发生的事件进行年代测定：1991,*The age of the Earth*,Stanford,Calif.,Stanford University Press,474 p.

西蒙·拉姆博诠释了安第斯山脉和亚平宁山脉的地质历史：2004,*Devil in the mountain:A search for the origin of the Andes*,Princeton,Princeton University Press,335 p.；and Walter Alvarez,2009,*The Mountains of Saint Francis*,New York,W.W.Norton,304 p.蒙大拿州的Mountain Press of Missoula提供的一些关于特定地区地质的图书很有用处，包括*Roadside Geology*系列，这个系列涵盖了美国的几个州：http://mountain press.com/.

现在，气候变化成为迫在眉睫的问题，在这个时期，对气候历史的研究非常重要。布莱恩·费根（Brian Fagan）撰写的内容足以引起人们的重视：1999,*Floods,famines,and emperors:El Niño and the fate of civilization*,New York,Basic Books,346 p.,and 2008,*The great warming:Climate change and the rise and fall of civilizations*,New York,Bloomsbury Press,282 p.理查德·穆勒和戈登·麦克唐纳（Gordon MacDonald）：2000,*Ice ages and astronomical causes*,New York,Springer,318 p.林恩·英格拉姆（Lynn Ingram）和弗朗西斯·马拉默德-罗姆（Frances Malamud-Roam）：2013,*The West without water:What past floods,droughts,and other climatic clues tell us about tomorrow*,Oakland,University of California Press,280 p.

我最喜欢的地质学教科书是由史蒂夫·马沙克（Steve Marshak）编写的，有完整版和简短版两个版本：2015,*Earth:Portrait of a planet*, 5th edition,New York,W.W.Norton,984 p.；2016,*Essentials of geology*, 5th edition,New York,W.W.Norton,575 p.

生命范畴

幸运的是，我们有许多关于古生物学的优秀著作，都是由这一领域

的顶尖科学家撰写的。安迪·克诺尔（Andy Knoll）讲述了寻找最古老化石的艰难历程：2003,*Life on a young planet:The first three billion years of evolution on Eart*,Princeton,Princeton University Press,277 p.理查德·福蒂（Richard Fortey）：2001,*Trilobite:Eyewitness to evolution*,New York,Vintage,284 p.尼尔·舒宾（Neil Shubin）讲述了鱼类和陆地动物过渡形态的发现：2008,*Your inner fish:A journey into the 3.5-billion year history of the human body*,New York,Random House,240 p.有许多关于恐龙的书，其中有迈克尔·诺瓦切克（Michael Novacek）：2003,*Time traveler:In search of dinosaurs and other fossils from Montana to Mongolia*,New York,Farrar,Straus and Giroux,380 p.唐·普洛特罗（Don Prothero）对整个生命历史这一领域进行了论述：2007,*Evolution:What the fossils say and why it matters*,New York,Columbia University Press,408 p.；以及尼克·莱恩（Nick Lane）：2009,*Life ascending:The ten great inventions of evolution*,New York,W.W.Norton,344 p.

许多书都讨论过大灭绝的问题。戴夫·劳普（Dave Raup）很早就讨论过发生在6600万年前的大灭绝如何导致恐龙的消失：1981,*Extinction:Bad genes or bad luck*?,New York,W.W.Norton,210 p.John Noble Wilford:1985,*The riddle of the dinosaur*,New York,Knopf,304 p.Kenneth Hsü：1986,*The great dying:Cosmic catastrophe,dinosaurs,and the theory of evolution*,San Diego,Harcourt Brace Jovanovich,292 p.Richard Muller：1988,*Nemesis,the death star:The story of a scientific revolution*,New York,Weidenfeld and Nicolson,193 p.Bill Glen：1994,*The mass-extinction debates:How science works in a crisis*,Stanford,Calif.,Stanford University Press,376 p.James Powell：1998,*Night comes to the Cretaceous*,New York,W.H.Freeman,250 p.Walter Alvarez：1997,*T.rex and the Crater of Doom*,Princeton,Princeton University Press,185 p.Charles Frankel：1999,*The end of the dinosaurs:Chicxulub Crater and mass extinctions* (translation from the French),Cambridge,Cambridge University Press,223 p.

2.52亿年前二叠纪末期发生了更大规模的生物大灭绝，对此进行论述的有迈克尔·本顿（Michael Benton）：2003,*When life nearly died:The greatest mass extinction of all time*,London,Thames and Hudson,336 p.；以及彼得·沃德：2004,*Gorgon:Paleontology,obsession,and the greatest catastrophe in Earth's history*,New York,Viking,257 p.现在发生的大灭绝，主要是由于人类活动，托尼·巴诺斯基（Tony Barnosky）撰写了一

部有关这一主题的著作：2014,*Dodging extinction:Power,food,money,and the future of life on Earth*,Oakland,University of California Press,240 p.；以及伊丽莎白·科尔伯特（Elizabeth Kolbert），2014,*The sixth extinction:An unnatural history*,New York,Holt,319 p.

从古生物学转向分子遗传学是研究生命史的有效途径，这是一个全新的研究领域，很难找到全面综述的著作。分子遗传学在确定分类群之间的进化关系方面很有优势，也就是说，它可以绘制出一棵准确的生命树，这也正是乔尔·克拉夫特（Joel Cracraft）和迈克尔·多诺霍（Michael Donoghue）编辑此书的目的：2004,*Assembling the tree of life*,Oxford,Oxford University Press,576 p.要对生命树做更进一步的研究并将年代标注到生命树的分支上，需要对遗传变化率做出假设；布莱尔·赫吉斯（Blair Hedges）和苏迪尔·古玛尔（Sudhir Kumar）做了这方面的尝试：2009,*The timetree of life,* Oxford,Oxford University Press,551 p.分子遗传学和古生物学之间的联系是进化发育生物学的一个领域，它研究由DNA编码的蛋白质如何在生命史上形成动植物的形态。有关这一主题，肖恩·卡洛尔（Sean Carroll）给出了一个精彩的介绍：2005,*Endless forms most beautiful:The new science of evo devo and the making of the animal kingdom*,New York,W.W.Norton,550 p.

关于古生物学和生命史，理查德·考恩（Richard Cowen）撰写了一部非常不错的教科书：2013,*History of life*,5th edition,Hoboken,NJ,Wiley,302 p.

人类范畴

尤瓦尔·赫拉利的《人类简史》是对人类的杰出研究，书中充满了令人震惊的见解，可能会彻底改变我们对人类物种及其历史的看法。

书写的发明将人类历史范畴分为两部分。有文字记载之前的人类历史在很大程度上是考古学家和人类学家的研究领域。关于古人类学家在发现早期人类化石方面所做的工作，见唐·约翰逊与梅特兰·埃迪（Maitland Edey）合著的经典著作：1981,*Lucy,the beginning of humankind*,New York,Simon and Schuster,409 p.关于这一主题的另外两本很有吸引力的书：Carl Swisher,Garniss Curtis,and Roger Lewin:2000,*Java Man:How two geologists' dramatic discoveries changed our understanding of the evolutionary path to modern humans*,New York,Scribner,256 p.；and by Roger Lewin:1987,*Bones of contention:Controversies in the search for*

human origins,New York,Simon and Schuster,348 p.

凯西·希克和尼克·托特是石器研究方面的领军人物，他们撰写了有关这方面的著作：1993,*Making silent stones speak*,New York,Simon and Schuster,352 p。

我们把话题转到更全面的史前史观点上。尼古拉斯·韦德（Nicholas Wade）给出了一个特别精细的概述：2006,*Before the dawn*,London,Penguin,314 p.科林·伦弗鲁（Colin Renfrew）的书也有可读性：2007,*Prehistory:The making of* the human mind,New York,The Modern Library,219 p.关于对火的驯化的深入研究，见约翰·古德斯布罗姆（Johan Goudsblom）：1992,Fire and civilization,London,Penguin,247 p.基于分子遗传学的人类全球传播，见斯宾塞·威尔斯的简述：2007,Deep ancestry,Washington,D.C.,National Geographic Society,247 p.

关于这方面，还有两本很有价值的教科书，Richard Klein:2009,*The human career:Human biological and cultural origins*,Chicago,University of Chicago Press,989 p.;and by Chris Scarre,ed.:2009,*The human past:World prehistory and the development of human societies*,2nd edition,London,Thames and Hudson,784 p.

我们对于人类历史的认识随着文字的出现而发生改变，变得更加详尽。许多书写历史的研究都是专门化的，并且侧重于特定的群体和时代。“世界历史”是为了更广泛地了解人类的过去所进行的努力，帕特里克·曼宁（Patrick Manning）对这一领域做了概述：2003,*Navigating world history:Historians create a global past*,New York,Palgrave Macmillan,425 p.

有许多关于世界历史方面的图书，其中有一些侧重探讨世界历史格局以及对历史的深刻理解，而不是简单地叙述所发生的事件。John and William McNeill:2003,*The human web:A bird's-eye view of world history*,New York,W.W.Norton,350 p.William McNeill:1963,*The rise of the West,* Chicago,University of Chicago Press,829 p.,and 1992,*The global condition:Conquerers,catastrophes,and community*,Princeton,Princeton University Press,171 p.William Ruddiman:2005,*Plows,plagues,and petroleum:How humans took control of climate*,Princeton,Princeton University Press,202 p.Paul Colinvaux:1980,*The fates of nations:A biological theory of history*,New York,Simon and Schuster,383 p.Steven

Pinker:2011,*The better angels of our nature:Why violence has declined*,New York,Viking,802 p.（《人性中的善良天使：暴力为什么会减少》已由中信出版社出版）Daron Acemoglu and James A.Robinson:2012,*Why nations fail:origins of power,poverty and prosperity*,New York,Crown Publishers,529 p.

历史的特征

史蒂文·杰伊·古尔德对地质学史的研究：1987,*Time's arrow,time's cycle:Myth and metaphor in the discovery of geological time*,Cambridge,Mass.,Harvard University Press,222 p.这本书引发了我对一个不同的二分法的思考——连续性与偶然性。有大量关于复杂性和混沌理论及其与偶然性有关的文献，这些著作都是很不错的选择。James Gleick:1987,*Chaos:Making a new science*,New York,Viking,352 p.;Mitchell Waldrop,1992:*Complexity:The emerging science at the edge of order and chaos*,New York,Simon and Schuster,380 p.；and John Briggs and David Peat,1989,*Turbulent mirror:An illustrated guide to chaos theory and the science of wholeness*,New York,Harper and Row,222 p.

率先研究混沌理论的科学家们所做的更加深入的研究，见Benoit Mandelbrot:1983,*The fractal geometry of nature,* New York,W.H.Freeman,468 p.；Ilya Prigogine and Isabelle Stengers:1984,*Order out of chaos:Man's new dialogue with nature*,Toronto,Bantam,349 p.;and Edward Lorenz:1993,*The essence of chaos*,Seattle,University of Washington Press,227 p.约翰·刘易斯·加迪斯（John Lewis Gaddis）撰写了一部发人深思的著作，内容关于历史学家如何从事研究工作以及他们努力在理解的历史特征：2002,*The landscape of history:How historians map the past*,Oxford,Oxford University Press,192 p.；书中的第六章对偶然性有一个特别详细的讨论。

反事实历史有助于思考偶然性。两部关于反事实历史的论文集，聚焦军事环境，见Robert Cowley,ed.,1999,*What if?:The world's foremost military historians imagine what might have been*,New York,Berkley Books,395 p.,and 2001,More what if?:Eminent historians imagine what might have been,New York,Putnam,427 p.尼尔·康明斯（Neil Comins）撰写了两本关于反事实历史和地球的书，对大历史做了更为深入的阐述：1993,*What if the moon didn't exist?:Voyages to Earths that might have been*,New York,HarperCollins,315 p.,and 2010,*What if the earth had two*

moons?,New York,St.Martin’s Press,288 p.

最后，既然大历史完全融合于时间矩阵之中，那么，以下几本相关的书的确值得阅读，它们从不同方面讲述了人类境况这一极其神秘的重要特征：Alan Lightman:1993,*Einstein’s dreams*, New York,Warner Books,179 p.; Richard Morris:1985,*Time’s arrows:Scientific attitudes toward tim*,New York,Simon and Schuster,240 p.；James Ogg,Gabi Ogg,and Felix Gradstein,2008,*The concise geologic time scale*,Cambridge,Cambridge University Press,177 p.；Sean Carroll:2010,*From eternity to here:The quest for the ultimate theory of time*,New York,Penguin,438 p.；Claudia Hammond,2013,*Time warped:Unlocking the mysteries of time perception*,New York,Harper,342 p.;and Richard A.Muller,2016,*Now:the physics of time*,New York,W.W.Norton,364 p.

Table of Contents